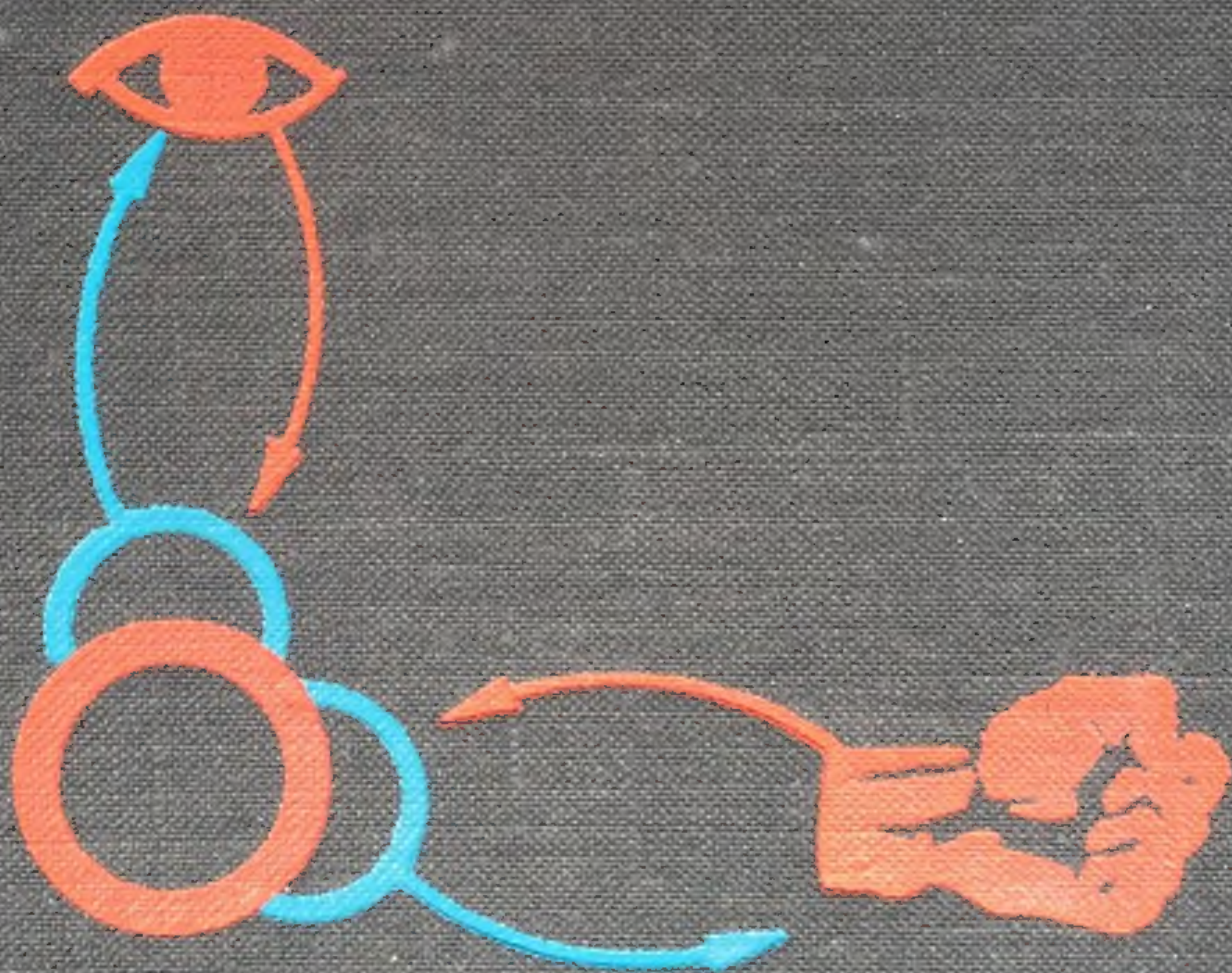
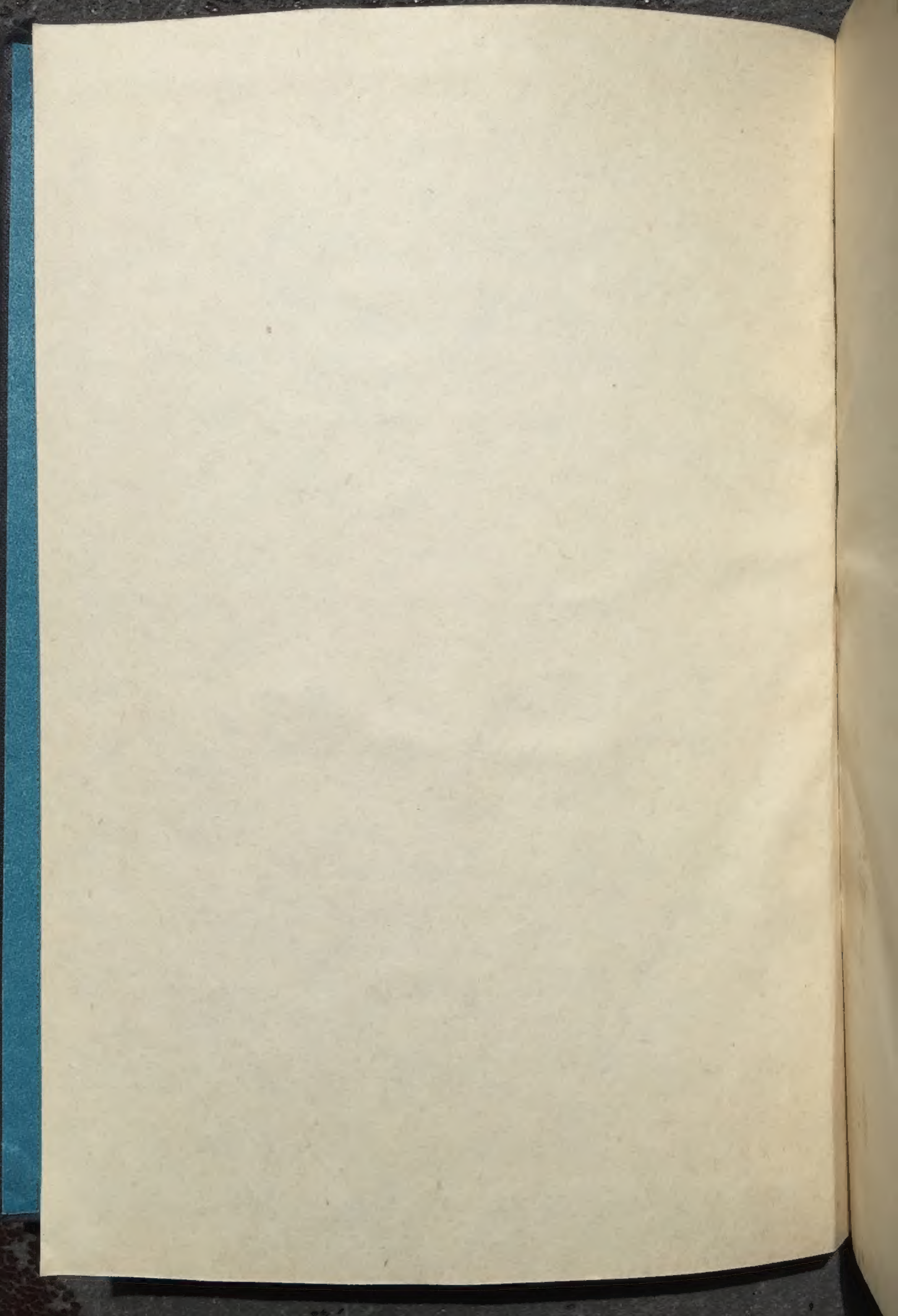


Н. КУЛАК

**ФИЗИОЛОГИЯ
УТОМЛЕНИЯ
ПРИ
УМСТВЕННОЙ
И ФИЗИЧЕСКОЙ
РАБОТЕ
ЧЕЛОВЕКА**







И. А. КУЛАК

ФИЗИОЛОГИЯ
УТОМЛЕНИЯ
ПРИ
УМСТВЕННОЙ
И ФИЗИЧЕСКОЙ
РАБОТЕ
ЧЕЛОВЕКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «БЕЛАРУСЬ» МИНСК 1968

613.3

К 90

УДК 612.014.32

Кулак И. А.

Физиология утомления при умственной и физической работе человека. Минск, «Беларусь», 1968.

272 с. с илл. 3000 экз. 1 р.

Предлагаемая книга посвящена экспериментальному изучению утомления при умственной и физической работе, механизмов перенапряжения корковых процессов при умственной деятельности. Особое внимание в работе отводится учету быстроты, количества и прочности образования временных связей в коре головного мозга у людей различного возраста (от 8 и до 80 лет) при различных видах умственной деятельности. Автор в каждом конкретном случае стремился выяснить причину снижения умственной работоспособности и место локализации функционирующего звена, которое раньше других выбывает из строя.

Часть книги посвящена экспериментальному исследованию процессов утомления при физической работе. Подробно разбираются механизмы утомления в исполнительном звене — мышечной системе и влияние на нее высших корковых образований.

На основе полученных данных в книге дается целый ряд рекомендаций по снижению утомляемости как во время умственной, так и физической работы.

Книга рассчитана на физиологов, гигиенистов, психологов, невропатологов, а также представит интерес для педагогов и сотрудников лабораторий.

5-3-12

308-68

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

ЧАСТЬ I

Глава первая. Пути изучения умственного утомления	5
---	---

Изменение чувствительности рецепторных систем при умственном утомлении	5
--	---

Влияние умственной деятельности на двигательные функции человека	8
--	---

Изменение вегетативных функций организма при умственном утомлении	9
---	---

Изменение сложных психических процессов при умственном утомлении	11
--	----

Изменение условнорефлекторной деятельности человека во время умственной работы	14
--	----

Объяснение механизма утомления и поиски главной причины его возникновения	19
---	----

Принципы, которых мы придерживаемся в наших исследованиях	21
---	----

Глава вторая. Оперативная функция головного мозга и ее изменения под влиянием работы	23
--	----

Изменение быстроты ответных реакций человека в различные периоды его деятельности	24
---	----

Изменение быстроты ответных реакций при периодическом ускорении работы	28
--	----

Степень снижения функций различных звеньев рефлекторной цепи в процессе оперативной деятельности	31
--	----

Влияние различного функционального состояния исполнительного звена рефлекторной цепи на быстроту ответных реакций	32
---	----

Влияние различного функционального состояния рецепторного звена на быстроту ответных реакций человека	36
---	----

Взаимодействие звеньев рефлекторной цепи в процессе работы	38
--	----

Заключение	44
----------------------	----

Глава третья. Замыкательная функция головного мозга и ее изменения в процессе работы	47
--	----

Возможности замыкательной функции головного мозга в условиях «краткосрочной памяти»	48
---	----

Замыкательная функция головного мозга в условиях «долгосрочной памяти»	51
--	----

Изменение замыкательной функции коры головного мозга у людей разного возраста в условиях «долгосрочной памяти»	57
--	----

Перегрузка замыкательной функции коры в условиях «долгосрочной памяти»	64
--	----

Влияние тренировки нервной системы на замыкательную функцию коры головного мозга в условиях «долгосрочной памяти»	67
---	----

Влияние многочасового труда на замыкательную функцию коры головного мозга	74
---	----

Изменения замыкательной функции коры головного мозга в условиях «долгосрочной памяти» в зависимости от трудового стажа рабочих и сложности производственного задания	77
Замыкательная функция коры головного мозга при образовании новых связей из только что сформированных	79
Заключение	84
Глава четвертая. Сличительная функция коры головного мозга и ее изменения в процессе работы	88
Проявления сличительной функции коры головного мозга в период освоения коротких сигнальных комплексов	88
Проявления сличительной функции коры головного мозга при формировании сложных систем временных связей через первую и вторую сигнальные системы	98
Проявления сличительной функции коры головного мозга при формировании сложных систем временных связей через разные анализаторы	112
Обмен информацией между системами временных связей, образованных через один анализатор	118
Обмен информацией между одинаковыми системами временных связей, образованными в различных условиях	121
Обмен информацией между одинаковыми системами временных связей, созданными в различное время	124
Проявление сличительной функции коры головного мозга при использовании информации прочных временных связей	133
Заключение	135
Глава пятая. Участие различных нервных образований и некоторых систем организма в умственной деятельности человека . . .	137
Роль анализаторов в замыкательной функции коры головного мозга	137
Изменение биоэлектрической активности головного мозга при формировании сложных систем временных связей	150
Изменения температуры кожи при формировании сложных систем временных связей	165
Изменения работы сердца в процессе освоения испытуемым простых и сложных сигнальных комплексов	170
Глава шестая. Взаимодействие различных корковых функций в период умственной деятельности	177
Изменение основных корковых функций в процессе работы	177
Взаимодействие корковых функций в различные периоды утомления	179

часть II

Глава седьмая. Проблемы утомления при мышечной работе	183
Развитие исследований физического утомления	183
Наши принципы в исследованиях физического утомления	189
Глава восьмая. Закономерности развития утомления в исполнительном звене рефлекторной цепи	191
Развитие утомления при физической работе различной интенсивности	191

Изменение соотношения процессов расходования и восстановления активных энергетических веществ в период мышечной работы	197
Влияние тренировки мышечной системы на соотношение процессов расходования и восстановления энергетических веществ при мы- шечной работе	202
Особенности развития утомления разных мышечных групп при раз- личных видах деятельности	203
Заключение	205
Глава девятая. Роль высших нервных образований в регуляции процессов расходования и восстановления при мышечной работе	209
Заключение	217
Глава десятая. Взаимодействие функциональных систем во время работы	224
Основные теории взаимодействия функциональных систем	224
Влияние работы различных мышечных групп на взаимодействие про- цессов расходования и восстановления активных энергетических веществ	227
Корковое моделирование процессов расходования и восстановления энергетических веществ при взаимодействии работающих мышц	237
Влияние произвольных движений на сокращения утомленных мышц	239
Глава одиннадцатая. Восстановление работоспособности во время отдыха	243
Восстановление работоспособности в зависимости от степени утом- ления	245
Усиление восстановления работоспособности утомленных мышц	249
Заключение	252
Литература	257

Иосиф Антонович Кулак. Физиология утомления при умственной и физической работе человека.

Издательство «Беларусь». Минск, Ленинский проспект, 79.

Редактор Г. Шершень. Художник В. Валентович. Художественный редактор В. Безмен.
Технический редактор Н. Яновская. Корректор Л. Товаченко.

Сдано в набор 21/VI 1968 г. Подп. к печати 16/X 1968 г. Тираж 3000 экз. Формат
60 × 84¹/₁₆. Бумага тип. № 1. Усл. печ. л. 15,98. Уч.-изд. л. 15,44. Зак. 1038. Цена 1 руб.
Типография издательства «Звезда». Минск, Ленинский проспект, 79.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В предлагаемой читателю работе отражены результаты экспериментальных исследований нервной регуляции функций различных систем организма при умственной и физической работе человека. Автор в каждом конкретном случае стремился выяснить причину снижения работоспособности человека и определить локализацию функционирующего звена в организме, которое раньше других выбывает из строя. На основе полученных данных предложен целый ряд рекомендаций для снижения утомляемости как при умственной, так и физической работе.

В этой книге читатель встретит ряд положений, которые отличаются от общепринятых представлений о нервной регуляции функций при работе. Некоторые из них не имеют прямых доказательств, но все они логически вытекают из экспериментального материала. При этом автор сознает, что метод косвенного изучения функции организма, основанный на гипотетическом моделировании, не является лучшим в науке, но на данном этапе изучения сложных процессов в живой материи — наиболее подходящим.

Эта работа является логическим продолжением исследований высшей нервной деятельности человека, изложенных в монографии «Формирование сложных систем временных связей у человека», выпущенной издательством Академии наук БССР в 1962 году.

В настоящей книге представлен анализ экспериментальных исследований, проводимых автором на протяжении 20 лет. Первые из них были начаты в 1947 году на кафедре физиологии Белорусского института физической культуры, руководимой доцентом С. П. Сарычевым, а затем продолжены в лаборатории общей физиологии Института теоретической медицины АН БССР, руководимой проф. А. А. Зубковым. В дальнейшем автор работал в лабораториях проф. А. Ю. Броницкого и проф.

Е. П. Кесаревой. Поэтому он считает своим приятным долгом выразить глубокую признательность перечисленным лицам за оказанную помощь в работе.

В последние десять лет работы выполнялись в лаборатории высшей нервной деятельности человека Института физиологии АН БССР, лаборатории физиологии труда Белорусского научно-исследовательского санитарно-гигиенического института и на кафедре педагогики и психологии Белорусского государственного университета.

Автор выражает благодарность научным сотрудникам Л. А. Гуринович, К. В. Василевский, В. А. Иосифовой, Е. С. Рапацевичу и Л. В. Шафранскому, материалы которых частично использованы в монографии, а также техническим помощникам Л. В. Пролесковской, Л. В. Серебряковой, Р. М. Демиховской за помощь в обработке экспериментального материала.

ЧАСТЬ I

Глава первая

ПУТИ ИЗУЧЕНИЯ УМСТВЕННОГО УТОМЛЕНИЯ

Во все времена врачи боролись с разными патологическими явлениями вследствие нарушения функций мозга, педагоги сталкивались с умственным утомлением учащихся, а физиологов и психологов интересовал механизм развития утомления при умственной работе. Они изучали изменения, наступающие как в работе мозга, так и в органах и системах организма под влиянием умственной нагрузки. Теперь имеется большой экспериментальный материал, который дает определенное представление об изменениях психических процессов в различных системах организма во время умственной работы. О методах исследования, которые были использованы учеными для изучения процессов умственного утомления, и о результатах, которые они получили, пойдет речь в этой главе.

ИЗМЕНЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕЦЕПТОРНЫХ СИСТЕМ ПРИ УМСТВЕННОМ УТОМЛЕНИИ

Еще Н. Grisbach (1895) с помощью метода Вебера измерял кожную чувствительность во время умственного утомления. Он выявил порог кожной чувствительности, прикладывая ножки циркуля к коже. Обычно человек ощущает два укола на губах и кончиках пальцев, когда ножки циркуля раздвинуты на 2—3 мм, а на коже шеи и спины такое различие происходит тогда, когда ширина ножек циркуля 60—70 мм. Н. Grisbach уста-

новил, что у учащихся после занятий кожная чувствительность понижается и порог возрастает в 2—3 раза, особенно после трудных занятий и экзаменов. Аналогичные данные получены Т. Vannod (1896), А. Binet (1899), Е. Andersen (1904), К. Михайловым (1927) и другими.

Изучая физиологи умственного труда, А. М. Волков, М. Г. Бабаджанян и их сотрудники (1957) обнаружили у диспетчеров железнодорожного транспорта к концу работы снижение тактильной чувствительности, а Е. Takakuya (1962) — у работников студии телевидения. Имеются противоположные данные. Так, Н. Н. Сыренский, М. Я. Слоним и М. Я. Сапаров (1928) выявили обострение тактильной чувствительности после рабочего дня у 65% телефонисток. И. В. Карпов (1929) не получил каких-либо существенных отклонений тактильной чувствительности у учащихся техникумов после вечерних занятий.

А. Baug (1904) для выявления умственного утомления использовал метод определения слуховой чувствительности. Он установил, что неутомленный человек слышит тикание часов с более далекого расстояния, чем утомленный. Н. Н. Сыренский и его сотрудники (1928) определили ослабление слуховой чувствительности у телефонисток после рабочего дня, а К. Х. Кекчеев, С. В. Кравков и Л. А. Шварц (1947) у военнослужащих после двухчасового наблюдения за небом в бинокль. А. А. Сапер и Г. В. Гершуни (1929) не отметили ослабления слуха у людей после продолжительной умственной работы или, наоборот, определяли его обострение. М. Г. Бабаджанян и его сотрудники (1950—1962) выявили повышение слуховой чувствительности у поездных диспетчеров и у дежурных поста электрической централизации стрелок и сигналов после дежурства.

Р. Davis (1955) для оценки умственного утомления использовал в своих исследованиях метод определения верхней границы звуковых импульсов. Испытуемый должен был отличить ритмические звуки от сплошных после двух часов умножения в уме. Ученый отмечал снижение критической частоты звуковых колебаний.

По результатам исследований В. Г. Куневич и Н. Н. Хавкиной (1930) у работниц, монтирующих нити электроламп, к концу рабочего дня острота зрения снижается на 7% и поле зрения суживается на 11%. П. О. Макаров (1934) обнаружил снижение чувствительности периферического зрения и удлинение адекватной оптической хронаксии у студентов в период сдачи зачетов. К. Х. Кекчеев, С. В. Кравков и Л. А. Шварц

(1947) выявили снижение устойчивости ясного видения на 6—17% после двухчасового наблюдения за небом в бинокль. Данные о снижении остроты зрения, сужении границы пространственного поля и уменьшении цветоощущения вследствие умственного утомления встречаются также в работах К. Г. Зобермана (1950), С. Bergen и А. Mahneke (1954), М. Г. Бабаджаняна и его сотрудников (1960), М. П. Шек (1963) и других.

М. Heider (1956) выявил, что длительность зрительного последовательного отрицательного образа у учащихся 14—15 лет после 9 часов теоретических занятий увеличивается на 25%.

Определение электрической активности глаза для установления умственного утомления применялось многими учеными. А. И. Верхутина (1950), А. И. Васютина (1954) и Е. П. Стромская (1954) отметили повышение электрической чувствительности глаза у школьников в начале уроков и снижение его чувствительности в конце занятий, а также после решения сложных арифметических задач.

Снижение электрической чувствительности глаза отметили: Р. М. Баевский (1958) — у большинства радистов после двухчасовых занятий по приему азбуки Морзе, А. И. Киколов (1960) — у режиссеров и ассистентов студии телевидения, а А. И. Устинова (1963) — у летчиков после длительных беспосадочных полетов.

Исследователи широко используют в своей работе тест определения верхней (критической) границы различения частоты световых мельканий (КЧМ). Понижение КЧМ после умственного труда Е. Simonson и N. Enzer (1941) определили у канцелярских служащих; Е. Grandjean (1959), Е. Grandjean и К. Bättig (1955) — у телефонисток, Н. Schmidtke (1951), G. Busch и К. Wachholder (1953), Н. Arnold (1953) — у испытуемых после продолжительных устных и письменных вычислений; Н. Schmidtke (1951), Е. Grandjean и К. Bättig (1955), О. Olsen и R. Brice (1955) — после работы с микроскопом; Н. Schmidtke (1951), Е. Grandjean и К. Bättig (1955) — после продолжительного чтения.

В. Горянский и П. Н. Серебрянникова (1929) обнаружили, что у слушателей курсов РККА вечером после занятий острота обоняния снижалась у большей части испытуемых.

ВЛИЯНИЕ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ЧЕЛОВЕКА

А. Mosso (1890) с помощью разработанного им метода эргографии установил, что продолжительный умственный труд понижает мышечную работоспособность. Аналогичные данные получены В. О. Бугославским (1891), П. А. Конопасевичем (1892), М. Сеченовым (1903), М. Schuyten (1903), Ch. Fere (1904), E. Claparede (1909), Н. Н. Сыренским (1928), М. В. Антроповой (1958) и другими.

Н. Gilbert (1894) изучал влияние умственной нагрузки на частоту мышечного сокращения. Его испытуемый постукивал по контактной площадке с максимальной частотой. Каждое замыкание контактов отмечалось писчиком на вращающемся кимографе. В опытах других ученых испытуемый писал на бумаге точки, линии или буквы. Затем подсчитывалось количество ударов или точек, сделанных за определенное время. Этот прием в своих исследованиях широко использовали W. Lay (1893), М. Lobsien (1900), F. Wells (1908), К. Х. Кекчеев (1927), Е. И. Рузер (1927). Большинство из них пришло к заключению, что умственное утомление способствует снижению частоты мышечных сокращений.

Метод двигательной чувствительности для исследования утомления впервые использовал D. Gineff (1899). Он определял степень точности движения руки при помощи кинематометра Штеринга и установил, что при утомлении не только снижается точность воспроизведения движения с закрытыми глазами, но сами движения становятся короче заданных.

Для изучения утомления довольно успешно используется метод тремометрии. В. Г. Куневич и Н. Н. Хавкина (1930) обнаружили более чем в 80% случаев у работниц, навивающих нити электрических лампочек, усиление дрожания рук после работы (эта работа требует большого напряжения внимания). А. М. Волков, М. Г. Бабаджанян, Е. И. Костина (1957) наблюдали усиление тремора у диспетчеров железной дороги после дежурства, а E. Grandjean (1959) — у телефонисток.

J. Voigt (1955, 1956) попытался по изменению почерка определять степень утомления. Он установил, что при продолжительной умственной работе длина написания цифр увеличивается. Так, например, после трех часов интенсивной работы длина цифр увеличивается на 20%.

В последние годы получили развитие электрофизиологи-

ские методы изучения двигательных функций во время умственной работы. Е. К. Редькина и Е. А. Широкова (1954) измеряли хронаксию сгибателей пальцев у школьников. Во многих случаях они отметили увеличение хронаксии к концу учебного дня. Э. Г. Каплун и Е. К. Редькина (1953) определяли отношение хронаксии разгибателя пальца к его сгибателю у школьников во время уроков: в начале занятий это отношение было больше, а в конце — меньше исходного.

J. Kennedy (1953) регистрировал биотоки с ушных раковин или лба. При наступлении утомления во время умственной работы он обнаружил понижение электрической активности биотоков.

H. Gäpfert, A. Bernsmeier и R. Stufier (1953) обычно наблюдали увеличение электрической активности мышц во время умственной работы.

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ УМСТВЕННОМ УТОМЛЕНИИ

Еще в прошлом веке исследователями было замечено учащение сердечных сокращений при умственной работе (E. Gley, 1881; A. Mosso, 1893; A. Binet и I. Courtier, 1893, 1897; Z. Ment, 1895; Mac. Daugall, 1896). Этими же учеными отмечено, что в период длительной работы спустя некоторое время частота пульса начинает постепенно снижаться.

В дальнейшем частота пульса была использована как один из тестов для определения утомления во время умственной работы на производстве. Так, М. А. Чалисовым (1928) было выявлено понижение частоты пульса после рабочего дня у врачей, Н. Н. Сыренским и его сотрудниками (1928) — у телефонисток, Т. Н. Павловой (1956) — у операторов, работающих на суммирующих машинах. Правда, урежение пульса в конце рабочего дня отмечалось только в 60—70% случаев. М. Г. Бабаджаняном и его сотрудниками (1955) закономерного изменения частоты пульса у диспетчеров после дежурства не было обнаружено.

A. Mosso (1884, 1893) исследовал распределение крови в организме во время умственной работы. Он сконструировал специальные весы, на которые клали человека и уравнивали его верхнюю и нижнюю часть туловища. Как только испытуемый начинал решать в уме задачи, верхняя часть его туловища становилась тяжелее, голова опускалась вниз, а ноги поднима-

лись вверх. Это значит, что во время умственной работы больше крови поступает к голове и меньше — к ногам. А. Mosso записал также на кимографе пульсацию мозга у людей с поврежденной черепной коробкой. Им было установлено, что в период решения арифметических задач кровенаполнение мозга у человека увеличивается и пульсация его становится более выраженной. В плечевой артерии таких изменений не обнаружено. Это позволило А. Mosso утверждать, что при умственной работе прилив крови к мозгу наступает вследствие расширения его кровеносных сосудов.

В этот же период в России подобные наблюдения провел С. С. Истманов (1885).

Lahy (1920) на основе результатов своих исследований также пришел к выводу, что для умственной работы характерно устойчивое повышение артериального давления на протяжении многих часов деятельности. Другие ученые отмечали понижение кровяного давления у работников умственного труда на производстве или у учащихся после занятий в 50—70% случаев (М. А. Чалисов, 1928; Н. Н. Сыренский и его сотрудники, 1928; И. В. Карпов, 1929; М. Г. Бабаджанян и его сотрудники, 1955; Т. Н. Павлова, 1956; Д. Я. Линскис, 1960).

Появившийся в конце XIX века плетизмограф сразу же был использован физиологами для изучения умственного утомления. Большинство из них тогда установило, что во время умственной работы сперва происходит сужение кровеносных сосудов руки и учащение сердечных сокращений. Если работа длится несколько часов, то в дальнейшем происходит расширение сосудов руки и замедление сердечных сокращений (А. Mosso, 1879; E. Gley, 1881; Mac Daugall, 1896; A. Binet и I. Courtier, 1879, и другие). Исследователи нашего времени отметили у испытуемых во время умственной работы сужение кровеносных сосудов руки (А. А. Рогов, 1929; В. В. Петелина, 1952; Огненко, 1956; А. Н. Новиков, 1959).

В течение умственной работы изменяется состав, вязкость и свертываемость крови, скорость оседания эритроцитов, но незначительно, притом не более чем в 50—65% случаев (Ю. М. Гефтер и Р. Я. Юделович, 1929; Е. П. Стромская, 1950; А. А. Маркосян, 1953; А. А. Маркосян и Е. П. Стромская, 1953; А. А. Маркосян и Г. Е. Алексеева, 1953; А. А. Маркосян и С. И. Бишенкевич, 1954, и другие), а также газообмен — несколько увеличивается количество поглощаемого кислорода, повышается концентрация углекислоты в выдыхаемом воздухе

(Liebermeister, 1882; Speck, 1882; A. Lehmann, 1912; Г. В. Хлопин и Я. Л. Окуневский, 1922; Б. И. Словцов и Б. И. Рубель, 1925; Г. В. Хлопин, В. А. Вожжинский и В. А. Яковенко, 1927; О. П. Молчанова и Е. Н. Ежова; М. Н. Шатерников, 1937; Н. Г. Щепкин, 1939, и другие) и температура различных частей тела (Лонбар, Брока, Моральано отметили повышение температуры кожи лба, а L. Couty — ладоней).

Е. Gley (1881), Speck (1882) и А. Mosso (1894) измеряли у раненых температуру мозга через отверстие в черепе и обнаружили, что у них во время умственной работы температура мозга повышается примерно на $0,15^{\circ}$.

Таким образом, при умственном утомлении происходят изменения во всех вегетативных системах организма: в деятельности сердечно-сосудистой системы, в составе крови — повышается кровяное давление, газообмен, температура органов и тканей организма, особенно мозга. Необходимо подчеркнуть, что эти изменения являются незначительными и не всеми исследователями отмечаются.

ИЗМЕНЕНИЕ СЛОЖНЫХ ПСИХИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ УМСТВЕННОМ УТОМЛЕНИИ

Во время умственной работы больше всего изменяются психические функции (внимание, запоминание и память), а также функции, обеспечивающие переработку и воспроизведение полученных восприятий. Многие исследователи определяли степень утомляемости учащихся по количеству сделанных ими ошибок при выполнении учебного задания. L. Burgerstein (1891) отметил увеличение количества ошибок в решениях задач на сложение и умножение по мере нарастания умственного утомления испытуемых. Подобные результаты в своих исследованиях получили Ф. К. Телятник (1887), Höpfner (1894), Friedrich (1896), G. Bellei (1900) и другие.

В 1879 году профессор Киевского университета И. А. Сикорский по качеству написанного диктанта, состоящего из 4000 букв, судил об умственном утомлении учащихся. Он установил, что учащиеся на последних уроках в таком диктанте делали на 30% больше ошибок, чем в начале занятий.

Е. Kärpelin (1892, 1894) предлагал испытуемому в течение нескольких часов решать арифметические задачи (или заучивать стихи наизусть). Через каждые 5 минут по сигналу экспе-

риментатора испытуемый отмечал, где он в данный момент решает задачу. Этот методический прием позволил исследователю проследить за развитием умственного утомления в течение нескольких часов работы. На основе своих исследований он пришел к выводу, что умственная работоспособность будет высокой только в том случае, когда делаются периодические перерывы в работе, которые способствуют восстановлению умственной деятельности.

В. Bourdon (1895) для изучения умственного утомления использовал метод зачеркивания в тексте ранее условленных букв (или их сочетаний), степень утомления определялась по скорости зачеркивания букв и количеству сделанных испытуемым ошибок. В дальнейшем этот метод широко применялся С. Ritter (1900), А. Binet (1903), Белецким (1909), Л. Н. Никифоровой (1963), А. С. Космачевой (1963) и многими другими учеными. Исследователи отметили, что у учащихся к концу занятий, а также занятых напряженным умственным трудом к концу работы, уменьшается скорость зачеркивания условленных букв и нарастает количество ошибок.

По мере развития экспериментальной психологии исследователи начали выделять различные психические функции и изучать их изменения под влиянием умственного утомления. Н. Ebbinghaus (1885) создал оригинальный метод, заключающийся в учете запоминания диктуемых (или показываемых) бессмысленных слогов. Позже он использовал этот метод для изучения изменений памяти под влиянием умственного утомления.

В России интересные опыты проводил Ф. К. Телятник (1897). Он обнаружил у школьников, которые в течение определенного времени запоминали слова и числа, к концу уроков снижение памяти: количество правильно усвоенных ими слов и чисел уменьшалось.

Оригинальный способ изучения процесса запоминания предложил А. П. Нечаев (1908). Его испытуемые записывали под диктовку ряд из 12 двухзначных чисел, а затем по памяти воспроизводили их. А. П. Нечаев установил, что уставшие учащиеся хуже запоминают эти числа: в записанном ими ряду было много чисел, переставленных местами. Подобные исследования проводили Щеглов (1903), Осипов (1907), Плаксин (1913), Лебедева и Рабинович (1926) и другие. Все физиологи констатировали снижение запоминания тестовых знаков (у одних исследователей это были бессмысленные слоги или слова, а у дру-

гих — цифры) по мере нарастания умственного утомления учащихся, вызванного учебными занятиями.

Однако Е. И. Рузер (1925) в работе, посвященной изучению утомления при напряженном умственном труде стенографистов, отметил, что под влиянием длительной работы происходит не понижение функций памяти и внимания, а наоборот — их повышение, хотя стенографисты жаловались на большую умственную усталость. Аналогичные данные получили М. Г. Бабаджанян, Е. И. Костина, С. Я. Фрейдман и В. Н. Пушкин (1962) у дежурных поста электрической централизации стрелок и сигналов. Они выявили увеличение объема внимания у дежурных по станции (тахистоскопом Нечаева), особенно после ночной смены. Количество случаев увеличения объема внимания оказалось в прямой зависимости от напряженности работы станции. Обнаруженное явление исследователи расценивали как перевозбуждение коры больших полушарий вследствие утомления.

D. Bettman (1895) учитывал быстроту ответа испытуемого на подаваемые ему сигналы (часто этот прием именуется как «время простой психической реакции»). Он установил, что неутомленный человек реагирует на сигнал в течение 0,10—0,13 секунды, а после значительной умственной нагрузки — в большинстве случаев время ответа удлиняется до 0,3 секунды.

В последние годы метод учета быстроты ответной реакции на световые и звуковые раздражители широко используется для определения степени умственного утомления как у школьников, так и у лиц, занимающихся умственным трудом. Г. Тенесеску и Е. Стенчулеску (1960), С. Д. Хоружая (1961) и А. А. Гужеловский (1962) отметили у школьников после уроков увеличение времени ответной двигательной реакции на раздражитель. Удлинение ответной реакции после продолжительной умственной работы Е. Grandjean (1959) обнаружил у телефонисток, М. Г. Бабаджанян и его сотрудники (1960) — у диспетчеров и операторов железной дороги, А. И. Киколов (1963) — у испытателей сложных авиационных агрегатов за пультом управления, Н. Л. Нифонтова (1963) — у счетных работников, А. И. Устинова (1963) — у летчиков после длительных полетов.

С помощью этого метода А. М. Волкову (1962) удалось установить удлинение ответной двигательной реакции у рабочих локомотивных бригад и командиров движения поездов в зависимости от увеличения длительности ведения локомотива и напряженности движения. Ученый выделил три степени утомле-

ния. При первой степени утомления время ответной реакции может как удлиняться, так и укорачиваться на 10—15% по сравнению с ответной реакцией, определяемой до работы. При второй степени утомления латентный период ответной реакции всегда удлиняется на 16—20%, а при третьей стадии утомления он увеличивается больше чем на 20%.

Н. Piéron (1922) учитывал быстроту восприятия учащимися движущихся одна за другой ста фигур, расположенных в различном порядке. Он установил, что восприятие и запоминание фигур снижаются по мере увеличения умственного утомления. Подобный прием для исследования утомления был применен Z. Vujas и В. Petz (1956). Их испытуемые читали перемещающиеся буквы и цифры, после семи часов умственной работы время чтения удлинялось.

В. С. Фарфель, Е. В. Подоба и В. П. Соловьева (1963) изучали объем воспринимаемой информации (дорожных сигналов) у машинистов метрополитена в течение всей работы. Исследователи обнаружили, что к концу работы количество называемых машинистом сигналов уменьшается. Они отметили случаи первоначальной неправильной словесной квалификации цвета светофора, но затем испытуемый замечал свою ошибку и быстро исправлял ее.

Приведенные литературные данные свидетельствуют о том, что в результате умственного утомления в большинстве случаев снижается внимание, замедляется восприятие и ответы на сигналы, а также ослабляется память.

ИЗМЕНЕНИЕ

УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ УМСТВЕННОЙ РАБОТЫ

Во многих исследованиях высшей нервной деятельности, проведенных И. П. Павловым и его учениками, можно найти немало сведений, относящихся к проблеме умственного утомления. Как следует из полученных ими данных у всех испытуемых, у которых образовывалось большое количество условных рефлексов, в результате утомления происходило понижение корковой деятельности. Быстрое истощение корковых клеток экспериментаторы отмечали тогда, когда применялись чрезмерно сильные раздражители или решались сложные задачи. На основе этих данных И. П. Павлов сделал вывод, что функцио-

нирующие корковые клетки представляют собой исключительно реактивные образования, которые при раздражении чрезвычайно быстро разрушают свое раздражимое вещество.

К. М. Быков и Н. А. Рогов (1928), изучая условные сосудистые рефлексy у студентов, установили, что у них после занятий происходит удлинение латентного периода, уменьшение величины условных рефлексов и растормаживание дифференцировок.

Л. С. Богаченко (1953, 1956, 1957), которая проводила исследования на школьниках по методике А. Г. Иванова-Смоленского, отметила влияние учебных занятий на развитие основных корковых процессов. У детей после уроков первой смены она выявила ослабление тормозного процесса и усиление раздражительного. Это проявилось растормаживанием дифференцировок, увеличением силы ответных реакций, а также укорочением скрытого периода. Утомление у учащихся второй смены развивалось сильнее (до уроков они выполняли еще и домашние задания). У них происходило ослабление и раздражительного процесса — уменьшалась сила и увеличивалось время ответной двигательной реакции и было явно выражено развитие охранительного торможения. Если активное внутреннее торможение у школьников к концу учебного дня ослабляется, то пассивное торможение (внешнее торможение, отрицательная индукция, запрительное торможение) усиливалось.

Такие же явления отмечены и другими исследователями (Т. П. Фуфлыгина, 1953, 1957; А. С. Дмитриев и А. Т. Жидкова, 1956).

Подобные изменения основных корковых процессов под влиянием утомления выявлены у людей в производственной обстановке. Т. Н. Павлова (1957) определяла их у операторов-вычислителей, а В. П. Соловьева (1957) — у корректоров типографии. Исследователи отметили, что у испытуемых к концу смены снижалось количество образуемых рефлексов и увеличивался их латентный период. Торможение превалировало над возбуждением, снижалась подвижность нервных процессов. Эти изменения были сильнее выражены во второй сигнальной системе.

А. И. Киколов (1963) тоже обнаружил значительные изменения высшей нервной деятельности у стендовиков (испытателей сложных авиационных агрегатов) к концу работы. В большинстве случаев у них снижалась величина условных рефлексов, затруднялась выработка дифференцировки к раздражителям

и переделка отрицательного раздражителя в положительный.

Л. М. Никифорова (1963) отметила у счетных работников к концу работы ослабление как возбудительного, так и тормозного процессов (исходя из уменьшения количества просмотренных знаков и увеличения количества ошибок, сделанных испытуемыми в корректурных таблицах). Об ослаблении тормозного процесса можно было судить и по результатам выработки дифференцировок: количество ошибочных реакций к концу работы увеличивалось.

Для определения функционального состояния высшей нервной деятельности у занятых умственным трудом многие исследователи использовали прием регистрации быстроты (а часто и силы) ответной реакции на подаваемые световые и звуковые раздражители. Дифференцировку к раздражителям они вырабатывали путем предупреждения испытуемого не отвечать на некоторые сигналы.

В. П. Соловьева, Е. В. Подоба и Л. А. Водолазский (1963) при изучении высшей нервной деятельности у машинистов Московского метрополитена установили, что у них к концу рабочей смены замедляется скорость и уменьшается сила условной двигательной реакции на действия световых сигналов, при этом увеличивается количество случаев растормаживания дифференцировок в опытах и неточного определения раздражителей испытуемыми в словесном отчете.

Н. Н. Цанева, Г. Н. Ганчев, И. Н. Хаджиолова (1963) обследовали операторов пульта управления листопрокатного цеха, которые работали по 8 часов (через каждый час работы у пульта делался перерыв на 1 час). Лишь в нескольких случаях они обнаружили небольшое удлинение латентного периода условной двигательной реакции на световой и звуковой раздражители, а также нарушение силовых отношений в ответных реакциях на раздражители и расстройство их дифференцировок, в особенности на световые сигналы.

А. С. Космачева (1963) обнаружила у пульташниц электросталеплавильных печей к концу рабочей смены снижение скорости условной двигательной реакции на раздражитель, нарушение дифференцировок и увеличение количества ошибок при обработке корректурных таблиц.

Нарушение взаимодействия сигнальных систем явилось для физиологов хорошим тестом для выявления утомляемости школьников. Л. С. Богаченко (1956) своими опытами доказала,

что на первых уроках положительная условная реакция на раздражитель и дифференцировка к ней адекватно отражались в словесном отчете — школьники правильно называли условные сигналы (как положительный, так и тормозной), правильно описывали двигательную реакцию, а также ее соответствие сигналу. В конце уроков (особенно на второй смене) некоторые ученики давали ошибочные ответы. В одних случаях в ответах не получали отражения условные раздражители, а в других случаях — неправильно квалифицировались ответные реакции. В словесном ответе нередко не было связи между раздражителями и реакцией на них или реакция истолковывалась неправильно. Чаще всего школьники делали ошибки, когда у них условные рефлексy образовывались на словесные раздражители. На основе этих данных Л. С. Богаченко пришла к заключению о большой «ранимости» второй сигнальной системы.

Подобные результаты были получены Т. П. Фуфлыгиной (1953, 1956, 1957), которая вырабатывала условные рефлексy на различные цветовые сигналы, а затем в «ассоциативном эксперименте» вызывала торможение очага возбуждения словом, обозначающим один из цветов. Например, на слово «синий» по указанию экспериментатора испытуемый не должен был отвечать. После такого опыта проверялись условные рефлексy на конкретные цветовые раздражители. Так определялась степень иррадиации тормозного процесса из второй сигнальной системы в первую. На первых уроках у детей отмечалась в основном избирательная иррадиация торможения из второй сигнальной системы в первую. Испытуемый не реагировал на синий цвет и отвечал на все остальные. В конце учебного дня избирательная иррадиация тормозного процесса сменялась генерализованной. У испытуемого появлялись задержки в ответных реакциях и на раздражители других цветов.

Многие физиологи в качестве теста для определения степени умственного утомления использовали изменения силовых отношений при выработке условных рефлексов. Еще в павловских лабораториях исследованиями на животных была установлена зависимость величины условного рефлексa от силы раздражителя. «Чем условный раздражитель сильнее, чем более энергии поступает с ним в большие полушария, тем, при прочих равных условиях, более условнорефлекторный эффект, т. е. тем энергичнее пищевая двигательная реакция и тем обильнее слюноотделение, которым мы постоянно пользуемся при измерении эффекта». Эта закономерность подтверждена в исследованиях на детях

Н. Н. Деревенщиковой и Н. М. Бурковой (1928), А. А. Ющенко (1928), А. Б. Воловик (1929), Н. Р. Шастиным (1929), Н. И. Красногорским (1932, 1958). З. Л. Синкевич (1951) успешно применила этот тест для выявления нарушений высшей нервной деятельности у хронических алкоголиков.

Определение силовых отношений между силой раздражителя и ответной реакцией с целью изучения высшей нервной деятельности у операторов-вычислителей проводилось Т. Н. Павловой (1957). Она вырабатывала условные рефлексy на звучание громкого и тихого звонков и на слова «звонок громкий» и «звонок тихий». Раздражители применялись как серийно, так и поочередно. Если в начале смены сильные раздражители обычно вызывали сильные двигательные реакции, а на слабые получали слабый ответ, то к концу рабочей смены эти отношения нарушались: в ответных реакциях отмечались уравнительная и парадоксальная фазы. Такие изменения появлялись быстрее во второй сигнальной системе, чем в первой.

В. П. Соловьевой (1957), так же как и Т. Н. Павловой, отмечено, что у корректоров типографии после рабочей смены уменьшается разница в ответных реакциях на сильный и слабый раздражители и появляется уравнительная, а затем парадоксальная фазы. А. В. Аболенская (1963), применяя сильные и слабые условные звуковые раздражители у детей-реконвалесцентов, установила, что у детей, по мере выздоровления и повышения тонуса коры, появляется наркотическая, затем — парадоксальная, потом — уравнительная и, наконец, простая фазы условнорефлекторной деятельности.

Используя методику Н. И. Красногорского, Ю. М. Пратусевич (1964) обнаружил изменение условных ответных реакций у школьников при умственном утомлении. Появление уравнительной и парадоксальной фаз в условнорефлекторной деятельности у детей после интенсивной умственной нагрузки он объяснил временным нарушением основного закона силовых отношений вследствие умственного утомления, защитной реакцией организма на чрезмерный раздражитель. Одну из главных причин утомления Ю. М. Пратусевич видит в нарушении нормальных взаимоотношений между корой и нервными образованиями ствола головного мозга.

Для выявления степени утомления у студентов во время лекций А. С. Дмитриев и А. Т. Жидкова (1956) следили за интерсигнальными двигательными реакциями в период выработки условных рефлексов. Они отметили, что в конце лекций у сту-

дентов появляются лишние двигательные реакции, а условные рефлексы несколько затормаживаются.

Нарушение условнорефлекторной деятельности под влиянием умственного утомления у школьников отмечали также В. Я. Кряжев (1955), А. А. Гужеловский (1962) и другие.

Итак, при умственном утомлении понижаются сила и подвижность основных корковых процессов, уменьшаются положительные условные рефлексы и растормаживаются дифференцировки к ним, нарушаются силовые отношения в ответных реакциях на условные раздражители различной физической силы.

ОБЪЯСНЕНИЕ МЕХАНИЗМА УТОМЛЕНИЯ И ПОИСКИ ГЛАВНОЙ ПРИЧИНЫ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Почти все исследователи считают, что продолжительная умственная работа отражается на функциях почти всех органов и систем человека. Под влиянием продолжительной умственной работы понижаются чувствительность рецепторных образований, изменяются, хотя и незначительно, работа сосудистой системы, состав крови, повышаются газообмен, температура тела — в особенности головного мозга. Изменения наиболее выражены в тех образованиях, которые принимают непосредственное участие в умственной работе. У уставшего человека снижается способность концентрировать внимание, хуже воспринимаются сигналы и ослабляется память. В процессе многочисленных исследований высшей нервной деятельности было установлено, что при умственном утомлении снижаются условные рефлексы, растормаживаются их дифференцировки, нарушается адекватность ответных реакций на раздражитель различной силы и развивается охранительное торможение.

Многие физиологи в своих работах приводят только факты, но не делают попыток поиска механизмов утомления. Некоторые пытаются найти эти механизмы, стремятся вскрыть основную причину утомления.

Существуют самые различные теории, объясняющие процессы, лежащие в основе понижения функций организма во время работы. Мы остановимся, главным образом, на теориях, которые возникли недавно. Правда, некоторые приведенные ниже теории объясняют не столько умственное утомление, сколько утомление вообще.

Большинство исследователей, начиная с И. М. Сеченова, пришло к заключению о существовании центрально-нервного механизма утомления. Так, А. А. Ухтомский (1934, 1936) видел в основе утомления нарушение координации разных звеньев рефлекторного акта. Поскольку в каждом из них неодинаково понижается лабильность функций, происходит десинхронизация звеньев работающей системы. Активными сторонниками этой теории стали Д. И. Шатенштейн (1939) и М. И. Виноградов (1958).

Другие ученые, придерживаясь центрально-нервной теории утомления, считают, что в развитии утомления ведущая роль принадлежит корковому звену. Они пришли к такому заключению исходя из фактов быстрой утомляемости корковых клеток как очень реактивных образований. Эти исследователи представляют процесс утомления как развитие охранительного торможения (В. В. Розенблат, 1953, 1961; И. А. Кулак, 1953; Д. И. Шатенштейн и Е. Н. Иорданская, 1955, и другие).

К. Х. Кекчеев (1947) считает, что главной причиной понижения функций головного мозга при утомлении является ослабление тонизирующего влияния на нее симпатической нервной системы. Снижение адаптационно-трофического действия симпатической нервной системы на кору головного мозга при утомлении отметили Д. Е. Розенблюм (1947), А. Д. Бернштейн (1955), А. Г. Зима (1957), Е. Simonson (1959), О. Lowenster и Lowefeld (1952), G. Burch и K. Wachholcter (1953) предполагают, что развитие утомления происходит главным образом вследствие ослабления симпатического возбуждения. По мнению W. Hacker (1962), утомление есть не что иное как нарушение симпатикопарасимпатического равновесия.

После получения новых данных о роли ретикулярной формации в работе мозга многие ученые начали придавать большое значение ее функциям на развитие утомления. Так, N. Burch и T. Greiner (1958) считают, что утомление является результатом снижения деятельности ретикулярной формации вследствие длительной или чрезмерной ее стимуляции вышележащих отделов мозга.

По предположению P. Chanchard (1960), процесс утомления начинается с ретикулярной формации, так как она все время участвует в работе. В ее структуре есть короткие нейроны с большим количеством синапсов, поэтому в ней быстрее наступает утомление. P. Chanchard считает, что понижение работоспособности ретикулярной формации наступает раньше, чем нервных

центров, которые она активизирует. Благодаря этому ретикулярной формацией осуществляется защитная функция других работающих систем.

Е. Grandjean (1959) пришел к выводу, что степень утомления зависит от функционального состояния активизирующей и угнетающей систем, которые объединяют центры утомления. Это заключение он сделал исходя из предположения Hessa, что в таламусе и различных отделах гипоталамуса находятся центры понижения функций органов и систем. При раздражении этих образований у испытуемых появляются симптомы утомления.

По данным Ю. М. Пратусевича (1964), утомление наступает в основном вследствие нарушения нормальных взаимоотношений между корой и образованиями ствола головного мозга.

Заканчивая это краткое изложение существующих теорий утомления, необходимо отметить, что исследование механизмов утомления находится в начальной стадии своего развития. Об этом свидетельствует множество разноречивых учений, объясняющих эти механизмы.

ПРИНЦИПЫ, КОТОРЫХ МЫ ПРИДЕРЖИВАЕМСЯ В НАШИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Многочисленные литературные данные убеждают нас в том, что утомление является свойством биологических образований, возникает с охранительной целью, выражаясь снижением работоспособности интенсивно функционирующего органа или системы. По нашему мнению, механизмы утомления можно установить путем изучения закономерностей функционирования работающего органа или системы. Поэтому мы в своей работе подходили к исследованию умственного утомления, изучая только нервные механизмы функционирования головного мозга человека.

Опираясь на данные литературы и результаты предыдущих своих исследований, мы стремились выявить основные функции коры головного мозга, которые непосредственно участвуют в трудовой деятельности человека. При этом старались в самой функции определить ведущее звено, несущее основную нагрузку при определенном виде работы, и второстепенные вспомогательные звенья, которые принимают участие в этой работе. Мы убеждены, что в любой деятельности человека — будет ли она трудной или легкой, физической или умственной — участвуют все органы и системы организма. Несмотря на это, каждая из его систем, в зависимости от вида деятельности, функционирует с разной ин-

тенсивностью. Поэтому в одних случаях нагрузка падает больше всего на нервные образования, в других — на мышечные, в третьих — на вегетативные.

Умственная деятельность человека представляет совокупность всех функций головного мозга. Например, одновременно с освоением нового материала происходит моделирование предполагаемых явлений, сравнение различных информации и оперативные действия. В то же время при каждом виде умственной деятельности ведущей функцией коры головного мозга является та, которая больше всего нагружена. Так, при изучении нового материала наиболее интенсивна замыкательная функция коры, которая обеспечивает образование новых следов в коре. При чтении знакомого текста основная нагрузка ложится на функцию, обеспечивающую сопоставление информации воспринимаемого сигнала с информацией, уже имеющейся в коре. При сочинении нового текста, планировании будущих действий главная функция головного мозга — функция моделирования, которая «рисует» в мозгу предстоящие события, а в процессе письма, печатания на машинке и при всевозможных ответах на возникающие сигналы — оперативная функция.

Для определения механизма развития утомления необходимо было дать характеристику основным корковым функциям. Поэтому в своих экспериментах мы стремились создавать для испытуемых такие условия, при которых можно было исследовать каждую функцию головного мозга в относительно чистом виде, то есть изолированно от других. Само собой разумеется, что достичь полной изоляции работы одной какой-либо функции в целостном организме невозможно, хотя частичное выделение, путем создания специфической нагрузки, вполне допустимо.

В следующих главах работы мы представляем результаты экспериментов, которые были проведены с целью выявления особенностей каждой корковой функции. В дальнейшем рассматривается взаимодействие различных корковых функций в процессе умственной деятельности. Особое внимание мы уделили выявлению особенностей взаимодействия и взаимозамены различных корковых систем при развитии утомления.

Глава вторая

ОПЕРАТИВНАЯ ФУНКЦИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАБОТЫ

Под оперативной функцией коры мы подразумеваем все срочные рефлексы на сигналы, т. е. когда человек сразу же отвечает на сигнал тем или иным действием. Эту деятельность лучше всего изучать по скорости ответа испытуемого на возникающий сигнал.

Начиная с наблюдений астрономов Е. Bessel (1823), А. Hirsch (1861), быстрота ответных реакций исследовалась как крупнейшими физиологами — Н. Helmholtz (1851, 1867, 1870, 1871), F. Donders (1863), А. Exner (1873), так и психологами — W. Wundt (1874), Н. Н. Ланге (1893), А. А. Токарским (1896) и многими другими. Этой проблеме посвящена обстоятельная монография Е. И. Бойко (1964), а также работы R. Woodworth (1938), P. Fraisse et I. Piaget (1963), которые переведены на русский язык.

Исследованиями установлено, что после получения испытуемым указания: «При появлении сигнала как можно быстрее нажать на кнопку» — он выполняет задание в течение 100 мсек — одной секунды. Оказалось, что время реакции на звуковой сигнал равно около 120 мсек (118 мсек по А. Г. Иванову-Смоленскому, 1917; 122 мсек — по D. Bradshaw, 1937; 105—140 мсек — по W. Posenbith, E. Vidare, 1962). Время ответной реакции на световой сигнал несколько длиннее, чем на звуковой, и равно примерно 180 мсек (150—200 мсек — по Bacter Travis; 150—225 мсек — по А. Bills, 1947). Проводились измерения времени реакции людей и на другие сенсорные раздражители.

Установлена определенная зависимость времени реакции от характера и интенсивности раздражителя (Н. Piéron, 1925; W. Wiles, 1936; R. Chocholle, 1945, и другие), а также от положения тела испытуемого (М. Р. Могендович, 1956).

Мы тоже изучали быстроту ответной реакции испытуемого на

подаваемый сигнал, но при этом нас интересовала совсем другая сторона явления. Мы хотели выявить, как изменяется ответная реакция человека на подаваемые сигналы в течение длительного времени, что произойдет, если ему потребуется отвечать с максимальной скоростью не на один-два, а на сотни и даже тысячи сигналов.

Такая постановка вопроса была обусловлена тем, что операторам авиационного и железнодорожного транспорта, водителям быстроходных автомобилей, рабочим, обслуживающим быстродействующие станки, а также людям многих других профессий во время нескольких часов работы приходится отвечать с большой скоростью на сотни, а иногда и тысячи самых различных сигналов.

Для проведения наших исследований была сконструирована специальная аппаратура, с помощью которой можно было автоматически подавать испытуемому сигналы с любой скоростью, а также регистрировать его ответные реакции в течение всего опыта.

ИЗМЕНЕНИЕ БЫСТРОТЫ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сперва мы решили выяснить, на какую частоту сигналов человек в состоянии реагировать без специальной тренировки. С этой целью в первых опытах испытуемым было предложено отвечать на непрерывно подающиеся сигналы из рядом расположенных четырех точек.

Для этого они должны были как можно быстрее нажать на тот клавиш, под которым загоралась лампочка (клавиши прозрачные). После правильного ответа эта лампочка гасла и загоралась другая. Чем быстрее испытуемый нажимал на клавиши, тем быстрее подавались ему сигналы.

Исследования были проведены на 10 испытуемых 18—25 лет. Каждый из них обследовался 4—6 раз.

Как показали результаты опытов, испытуемые в состоянии отвечать в минуту на 140—180 сигналов. Трое испытуемых в течение 30 минут смогли ответить на 10 тысяч, а остальные — на 8—9 тысяч сигналов.

В большинстве случаев у испытуемых к концу десятой минуты работы частота ответов снижалась на 5—8%, к концу двадцатой минуты — на 8—13%, а спустя 30 минут — на 15—20% по

сравнению с начальным. Необходимо отметить довольно редкое повышение работоспособности при максимальной частоте ответов после начала исследования. Только в 10% случаев наблюдалось увеличение частоты ответов к десятой минуте исследования, но затем наступал период снижения числа ответов.

Во второй серии опытов изучалась быстрота ответных реакций испытуемых на различную частоту сигналов. В 30-минутных опытах испытуемому давались ритмические сигналы с частотой 120, 60 и 20 в минуту. Исследованию подверглись те же испытуемые. Результат характерного опыта представлен отрезками диаграммы у испытуемого Д-ва на рисунке 1.

Как видно на рисунке, при частоте сигналов 120 в минуту в начале опыта длительность ответных реакций около 300 мсек, а через 5 минут работы быстрота ответных реакций уже — в среднем 150 мсек, что свидетельствует о наступившем повышении работоспособности. К 20-й минуте опыта время ответных реакций удлиняется, становясь примерно такой же, как и в начале опыта. К концу 30-й минуты работы время ответных реакций значительно увеличивается по сравнению с исходным. После статистической обработки полученных данных установлено, что разница в быстроте ответных реакций в начале работы во время повышенной работоспособности была существенной и составляла 20—30% ($P < 0,001$). Что касается разницы в быстроте ответных реакций в начале опыта и спустя 15—20 минут, то она оказалась небольшой и статистически недостоверной. И только на 30-й минуте работы время ответных реакций удлинялось в среднем на 10—12% по сравнению с исходным. Эта разница в большинстве случаев была статистически достоверной ($P < 0,001$).

В ответах на сигналы с частотой 60 в минуту наблюдаются такие же изменения, только они были менее выражены: увеличение быстроты ответных реакций в момент повышенной работоспособности наступало не на пятой, а на десятой минуте работы и было незначительным. В большинстве случаев это увеличение составляло 5—8% (в половине случаев оно было статистически недостоверным). В дальнейшем, по мере увеличения продолжительности работы, время ответных реакций удлинялось: на 20-й минуте — на 8—10%, а на 30-й минуте — на 20—26%. Получена статистически достоверная разница в ответных реакциях в начале и в конце работы ($P < 0,001$).

Еще в меньшей степени выражены изменения в быстроте ответных реакций, когда сигналы подавались через каждые 3 секунды. В этих опытах ответные реакции в момент повышенной

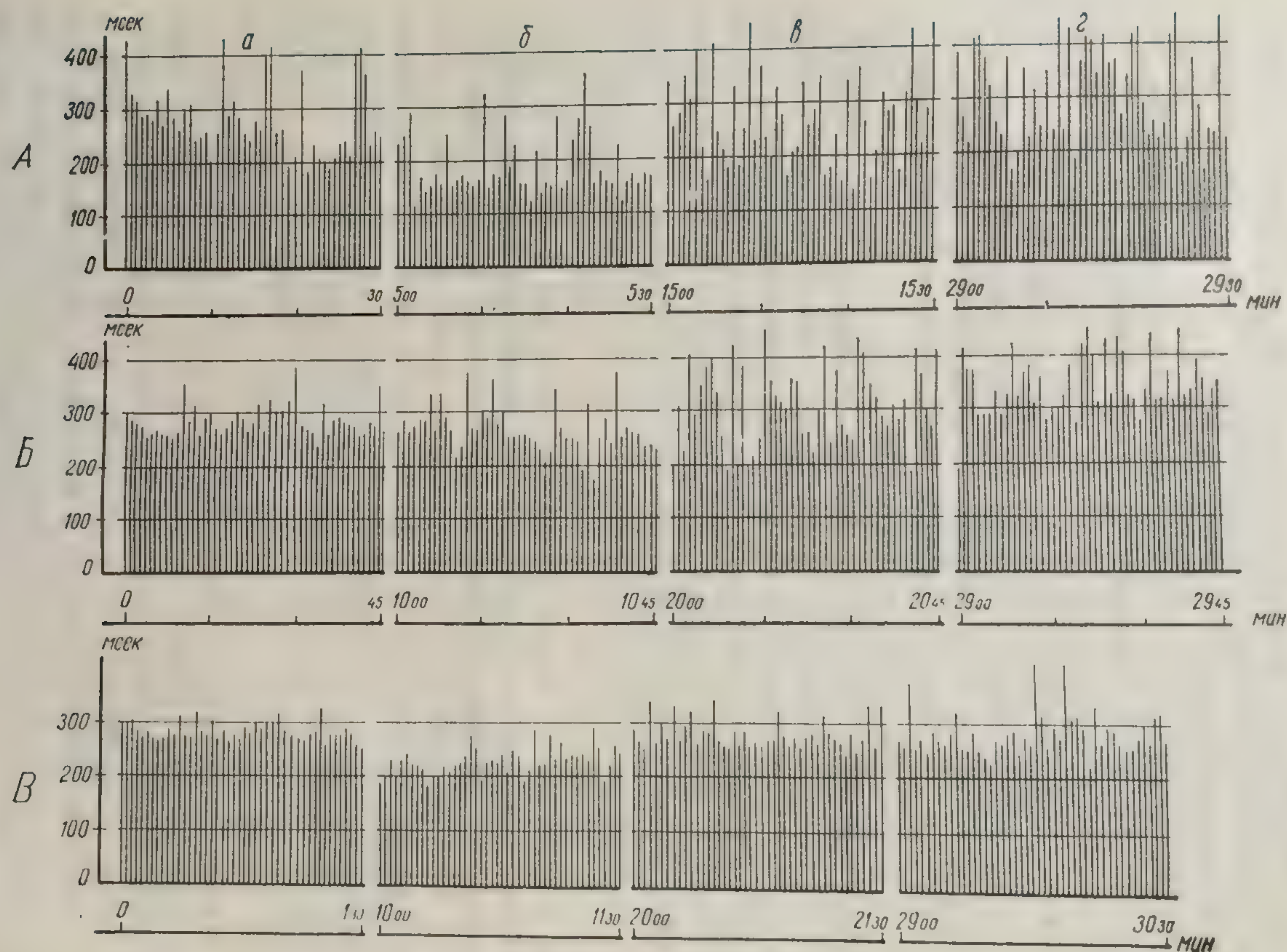


Рис. 1. Быстрота ответных реакций испытуемого Д-ва на световые сигналы с частотой 120 (А), 60 (Б) и 20 (В) в минуту (высота каждого вертикального столбика соответствует времени ответной реакции в миллисекундах). На горизонтали указано время опыта: а — начало опыта, б и в — середина его и г — конец опыта.

работоспособности ускорялись на 5—8% и в половине случаев были статистически недостоверны. В 30% случаев эта разница была значительной (на 15—20%) и статистически достоверной. После периода вработываемости происходило постепенное удлинение времени ответной реакции, хотя это изменение было незначительным. Обычно продолжительность ответных реакций на последней минуте опыта близка к той, которая была в его начале.

Если сопоставить данные, полученные в разные периоды опыта, то кроме изменения длительности ответных реакций в глаза бросается изменение их стабильности: с увеличением продолжительности работы на фоне быстрых ответов на сигналы начинают появляться медленные.

Ниже мы проследим за изменением величины ответных реакций на протяжении всех опытов.

Обратимся снова к рисунку 1 для того, чтобы рассмотреть изменчивость ответных реакций в различное время работы. Самое большое изменение величины ответных реакций наблюдается при сравнении диаграмм на каждые 2 сигнала в секунду, несколько меньшее — на ежесекундные сигналы и очень незначительное — когда подавался один сигнал через три секунды. Разница в скорости ответных реакций все время увеличивается по мере увеличения продолжительности работы.

Результаты статистической обработки материала показали, что вариационный коэффициент при частоте сигналов 120 в минуту в начале исследования равен 23%. К последней минуте работы он возрастает до 30%. Разница статистически достоверна только через 30 минут работы ($P < 0,005$). Вариационный коэффициент быстроты ответных реакций на ежесекундные сигналы в начале работы равен 10%, увеличиваясь до 25% к ее концу. Разница становится статистически достоверной через 20 минут работы ($P < 0,001$). Разница в скорости ответных реакций на сигналы с частотой 20 в минуту небольшая: вариационный коэффициент в начале работы равен 6%, к 30-й минуте работы — 13%. В связи с хорошей стабильностью ответных реакций в начале работы разница становится статистически достоверной через 15 минут работы ($P < 0,001$).

Если сопоставить данные длительности ответных реакций на сигналы различной частоты с данными стабильности ответов в течение опыта, то можно отметить следующее: на сигналы с частотой 60 и 120 в минуту значительно изменяется как быстрота, так и стабильность ответных реакций, на сигналы с частотой

20 в минуту быстрота ответных реакций почти не изменяется, но их стабильность понижается с 6 до 13%, то есть в два раза. Из этого следует, что стабильность ответных реакций является «чувствительным» тестом развития утомления во время работы небольшой интенсивности.

ИЗМЕНЕНИЕ БЫСТРОТЫ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ УСКОРЕНИИ РАБОТЫ

В процессе трудовой деятельности человека редко бывает так, чтобы сигналы подавались ему ритмично один за другим, с постоянной скоростью. Обычно при относительно равномерном поступлении сигналов временами частота их увеличивается или уменьшается. В своих исследованиях мы постарались воспроизвести такие же условия для того, чтобы выяснить, как влияют периодические ускорения подачи сигналов на быстроту ответных реакций как в момент самого ускорения, так и на дальнейшую работу. При этом необходимо было изучить изменение этих показателей в различные периоды развивающегося утомления.

В первом таком опыте испытуемому из 4 точек подавались сигналы с частотой 20 сигналов в минуту в течение 30 минут. Испытуемый отвечал на каждый сигнал нажимом соответствующей клавиши. На протяжении всего опыта периодически подача сигналов ускорялась до 100—120 в минуту. Каждое такое ускорение длилось около 30 секунд. Первое ускорение подачи сигналов производилось спустя полминуты от начала опыта, а в дальнейшем — через каждые 5 минут работы.

Из опытов над десятью 18—25-летними испытуемыми выяснилось, что при переходе от одной частоты подачи сигналов к другой происходит увеличение времени ответной реакции более чем на 15%. Всегда первые 3—4 ответные реакции на новую частоту сигналов были продолжительнее предыдущих и последующих: на 16—20% — при переходе от подачи малой частоты сигналов к большой, и на 25—30% — при переходе от большой частоты к малой. Это удлинение ответной реакции постоянно и изменяется в течение 30-минутного опыта. При переходе от подачи малой частоты сигналов к большой в начале опыта удлинение ответной реакции составляет от 20 до 30%, затем, к концу опыта, — постепенно снижается до 5—10%. При переходе от большой частоты к малой отмечается обратное яв-

ление: в начале опыта ответные реакции на сигналы удлиняются на 15 — 20%, а к концу опыта — увеличиваются до 30%.

Из приведенных данных следует, что в течение 30-минутного опыта скорость перехода от малой частоты сигналов к большой увеличивается и замедляется — при переходе от большой к малой скорости. Таким образом, всякое ускорение темпа работы вызывает быстреею перестройку функции с одного режима на другой.

Время ответных реакций переходных периодов составило не более 5% времени опыта. Поэтому мы остановимся на особенностях ответных реакций, которые составили основную часть (95%) работы.

Быстрота ответных реакций после перехода от одной частоты сигналов к другой не остается одинаковой, а продолжает изменяться, правда, только в определенные периоды работы. Так, в начале опыта переход от малой частоты ответов к большей не приводит к существенным изменениям длительности ответных реакций. Эта разница не превышает $\pm 3-5\%$. Существенная разница в быстроте ответных реакций начинает появляться в одних опытах на 10—15-й минуте работы, а в других — на 20—25-й минуте.

Результаты опытов свидетельствуют о том, что при небольшой интенсивности работы (20 ответов в минуту) разница в быстроте ответных реакций выявляется после 20 минут работы. Это хорошо заметно на диаграмме испытуемого В-ч (см. рис. 2, А). Если в начале опыта мы не отмечали особой разницы в быстроте ответов на сигналы, подающиеся с различной скоростью, то на 20-й минуте опыта она заметна. Оказалось, что быстрота ответных реакций в этот период опыта при частой подаче сигналов на 20—30% выше, чем при редкой. Полученная разница статистически достоверна ($P < 0,001$). Подобное явление наблюдается и на последней минуте опыта, хотя оно выражено несколько меньше ($P < 0,01$).

Аналогичные данные получены в опытах с большой интенсивностью работы, только с тем отличием, что уменьшение времени ответной реакции при ускорении работы в данном случае наблюдалось не на 20-й, а на 10-й минуте опыта. При этом статистически достоверное увеличение быстроты ответной реакции выявилось только в следующие 15 секунд ускоренной работы (см. рис. 2, Б).

Следовательно, увеличение интенсивности работы приводит к уменьшению времени ответных реакций только с определен-

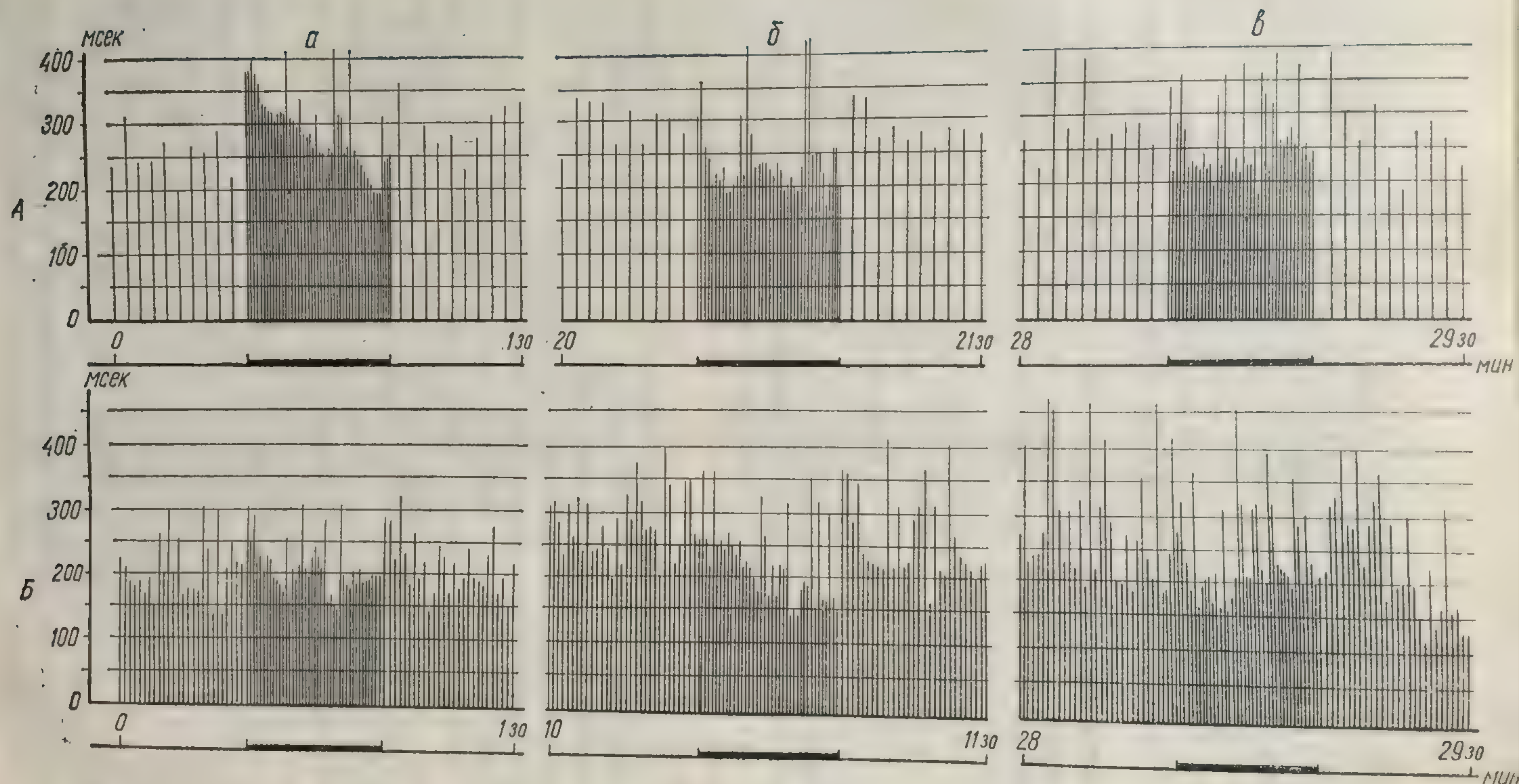


Рис. 2. Изменение быстроты ответных реакций испытуемого В-ч при изменении частоты подачи сигналов в условиях малой (А) и большой (Б) интенсивности работы (высота каждого вертикального столбика соответствует времени одной ответной реакции). По горизонтали указано время опыта: а — начало опыта, б — его середина, в — конец опыта.

ного периода работы. Этот эффект укорочения времени ответных реакций в момент ускоренной работы наиболее хорошо выражен при небольшом утомлении. Чем интенсивнее работа и быстрее развивается утомление, тем раньше появляется разница в ответных реакциях на сигналы, поступающие с различной частотой. Этот эффект наблюдается довольно долго.

Другое, не менее важное, явление, которое можно было отметить в данной серии опытов, это влияние кратковременного ускорения подачи сигналов на последующие ответы испытуемого. Если сравнить среднее время ответной реакции (за 30 секунд) до и после 30-секундного ускорения, то обнаружится, что оно после ускорения подачи сигналов становится на 5—10% короче, чем было до ускорения. В своих расчетах мы не учитывали времени четырех ответных реакций, регистрируемых в переходный период. Это свидетельствует о том, что кратковременное увеличение интенсивности работы положительно сказывается на скорости выполнения следующей за ней более медленной работы, особенно при увеличении продолжительности работы.

Таким образом, периодическое ускорение работы на некоторое время увеличивает ее продуктивность как в момент самого ускорения, так и в последующем. Наблюдаемое замедление ответов на сигналы в момент перехода от одной интенсивности подачи сигналов к другой непродолжительно и существенно не сказывается на продуктивности основной работы.

СТЕПЕНЬ СНИЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ РЕФЛЕКТОРНОЙ ЦЕПИ В ПРОЦЕССЕ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Во время работы одновременно функционируют почти все звенья рефлексорной цепи: возбуждение с рецептора передается в центральную нервную систему — кору головного мозга, а затем из головного мозга по центробежным путям направляется непосредственно в эффектор — рабочий орган, который начинает действовать под влиянием поступивших импульсов. Через некоторое время работоспособность падает и человек начинает ощущать усталость. Естественно, возникают вопросы: работоспособность какого рефлексорного звена снижается раньше всего? Вследствие чего понижается деятельность всей работающей системы?

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ЗВЕНА РЕФЛЕКТОРНОЙ ЦЕПИ НА БЫСТРОТУ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ

Приступая к разрешению этих вопросов, мы прежде всего опросили испытуемых об их ощущениях после продолжительной напряженной работы. В большинстве случаев они отвечали, что болит рука, которой приходилось нажимать на кнопку. «Ощущение такое, — говорили они, — как будто рука наливается свинцом и становится тяжелой». Некоторые испытуемые заявляли, что у них устают глаза, и просили уменьшить интенсивность световых вспышек. Но почти никто из них не жаловался на умственное утомление, хотя иногда у них появлялось сонное состояние.

Мы пытались выяснить степень снижения функций каждого звена рефлекторной цепи после продолжительной работы, сперва — изменение функций эффекторного звена. Для этого необходимо было поставить опыты, в которых периодически эффекторное звено могло бы работать независимо от рецепторного. Тогда можно было бы сравнить максимальные функциональные способности исполнительного звена, работающего самостоятельно и вместе с рецепторным звеном.

С этой целью были проведены две серии опытов. В первой серии опытов испытуемые должны были нажимать поочередно на два крайних клавиша из четырех. Во второй серии опытов они нажимали на четыре клавиша в том порядке, в каком загоралась под ними лампочка. Как в первой, так и во второй серии опытов испытуемые должны были нажимать на клавиши с максимальной скоростью. Только в первом случае они это делали без сигналов, а во втором — по световым вспышкам.

Исследования, проведенные на десяти испытуемых 18—25 лет, показали, что без сигналов человек может нажать на клавиши 260—360 раз в минуту, а ответить за этот срок лишь на 120—160 сигналов. Следовательно, испытуемые в первом случае были в состоянии вдвое быстрее нажимать на клавиши, чем во втором.

Во второй серии опытов мы следили за изменением работоспособности исполнительного звена на протяжении 30-минутной работы. Предварительно испытуемому давалось задание как можно быстрее поочередно нажимать на два крайних клавиша. Как только под одним из них загоралась лампочка, он должен

был нажать на этот клавиш и следить за появлением света под другими клавишами (с этого момента лампочки загорались поочередно под четырьмя клавишами, но в различном порядке). Затем были проведены пробные опыты, в которых испытуемого обучали максимально быстро нажимать на клавиши без сигналов и по световым сигналам, а также быстро переходить от одного вида деятельности к другому.

После обучения был поставлен опыт, в котором испытуемый на протяжении 30 минут отвечал на сигналы, подающиеся с максимальной частотой и только периодически, через каждые 10 минут в течение 30 секунд, он нажимал на клавиши без сигналов. Это делалось для того, чтобы можно было проследить за снижением работоспособности исполнительного звена в течение 30-минутной работы.

Исследования были проведены на тех же десяти испытуемых. Удары по клавишам регистрировались специально сконструированным аппаратом. За каждые 10 секунд записывался один столбик, каждый миллиметр которого соответствовал одному удару по клавише. Столбики записывались один возле другого, поэтому по их высоте можно было проследить за изменением работоспособности испытуемого в течение всего опыта.

Характерный результат описанных выше исследований получен у испытуемого Д-в, диаграмма которого представлена на рисунке 3. Как видно на рисунке, столбики, отражающие количество ударов по клавишам без сигналов, примерно в два раза выше столбиков, которые соответствуют количеству ответов на световые сигналы, т. е. сам испытуемый мог сделать вдвое больше движений, чем тогда, когда отвечал на световые сигналы. Отсюда вытекает, что возможности исполнительного звена при данном виде деятельности используются только наполовину.

На основе полученных данных, мы пришли к выводу, что в течение 30-минутной работы, когда нужно было очень быстро отвечать на сигналы, функции исполнительного звена рефлекторной цепи, которые могли бы повлиять на быстроту ответных реакций, существенно не снижаются. Функциональные способности исполнительного звена используются только наполовину, хотя часть времени ответной реакции уходит на работу исполнительного звена.

Третьей серией опытов определялась зависимость быстроты ответных реакций от участия в работе различных мышечных групп. Испытуемому предлагалось отвечать на световые сигналы,

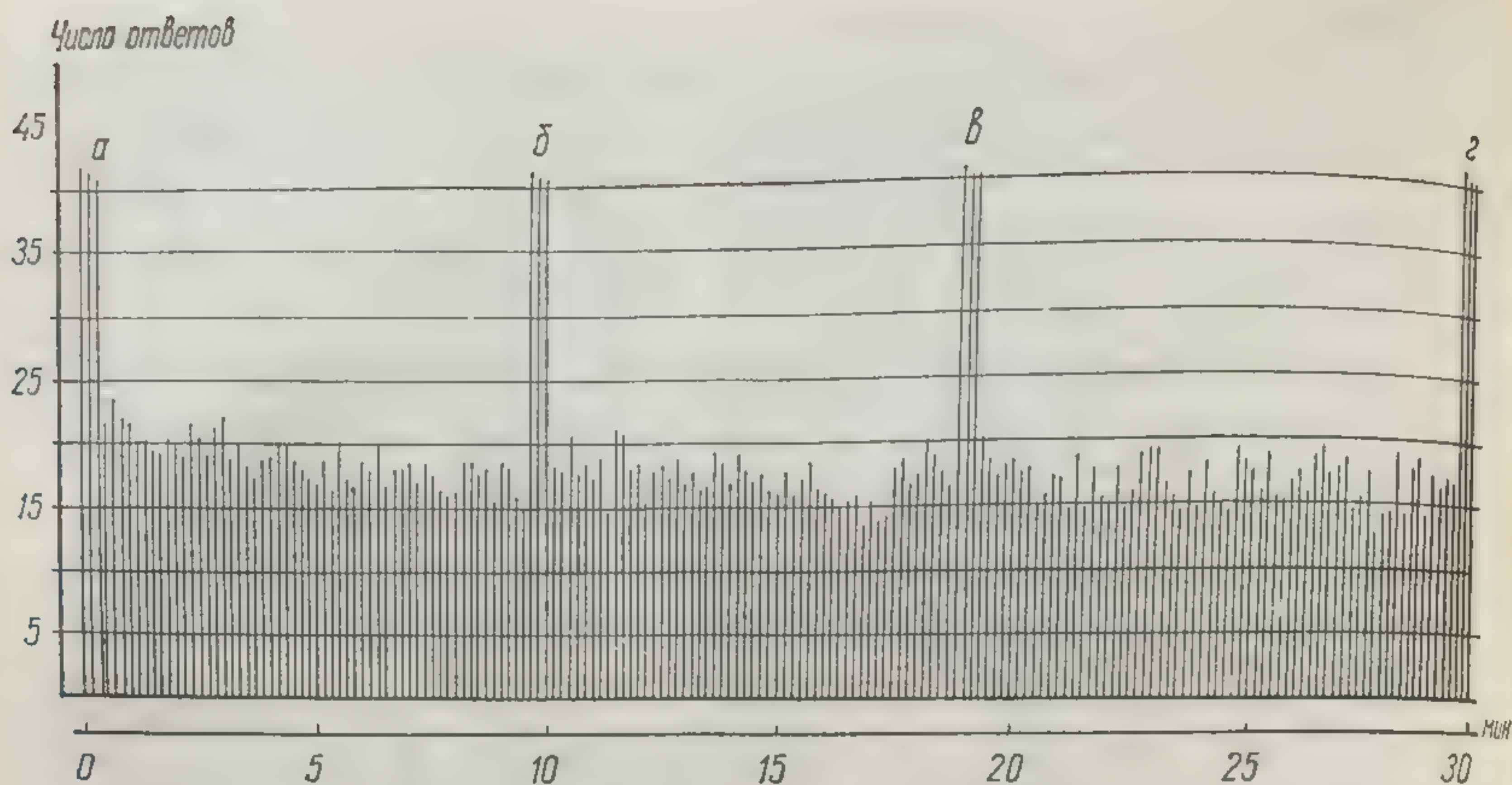


Рис. 3. Изменение количества ответных реакций испытуемого Д-в на световые сигналы в течение опыта (высота каждого столбика соответствует количеству ответов за каждые 10 секунд). Буквами а, б, в и г обозначены двигательные реакции испытуемого, сделанные без сигналов.

которые поступали через каждые две секунды, включая в работу различные группы мышц. Для этого были созданы специальные приспособления. Сперва испытуемый отвечал на 15 сигналов, постукивая пальцем по клавише, затем, спустя 10 секунд, — на следующие 15 сигналов, надавливая рукой на контактную площадку, и еще через 10 секунд — на 15 сигналов, нажимая ногой на педаль. Затем все повторялось сначала. Такое чередование повторялось в опыте несколько раз. Во втором опыте мы через каждые пять секунд подавали испытуемым сигналы, на которые они должны были поочередно ответить так: ударить пальцем по клавише, надавить рукой на площадку и нажать ногой на педаль. Характерные результаты исследования в этих двух опытах получены у испытуемого Г-н (см. рис. 4). Как следует из данных первого опыта, он быстрее всего отвечал на сигналы ударом пальца, несколько медленнее надавливал на площадку рукой и еще медленнее нажимал на педаль. Статистическая обработка результатов опыта показала, что разница в скорости первого и второго ответов небольшая (3—5%) и статистически недостоверная. Эта разница между вторым и третьим ответами составляет 20% ($P < 0,001$). Самая большая

Рис. 4. Б...
различным...
гой), разд...

разница...
равна 2...
Така...
ром опы...
Отсю...
ленной...
3*

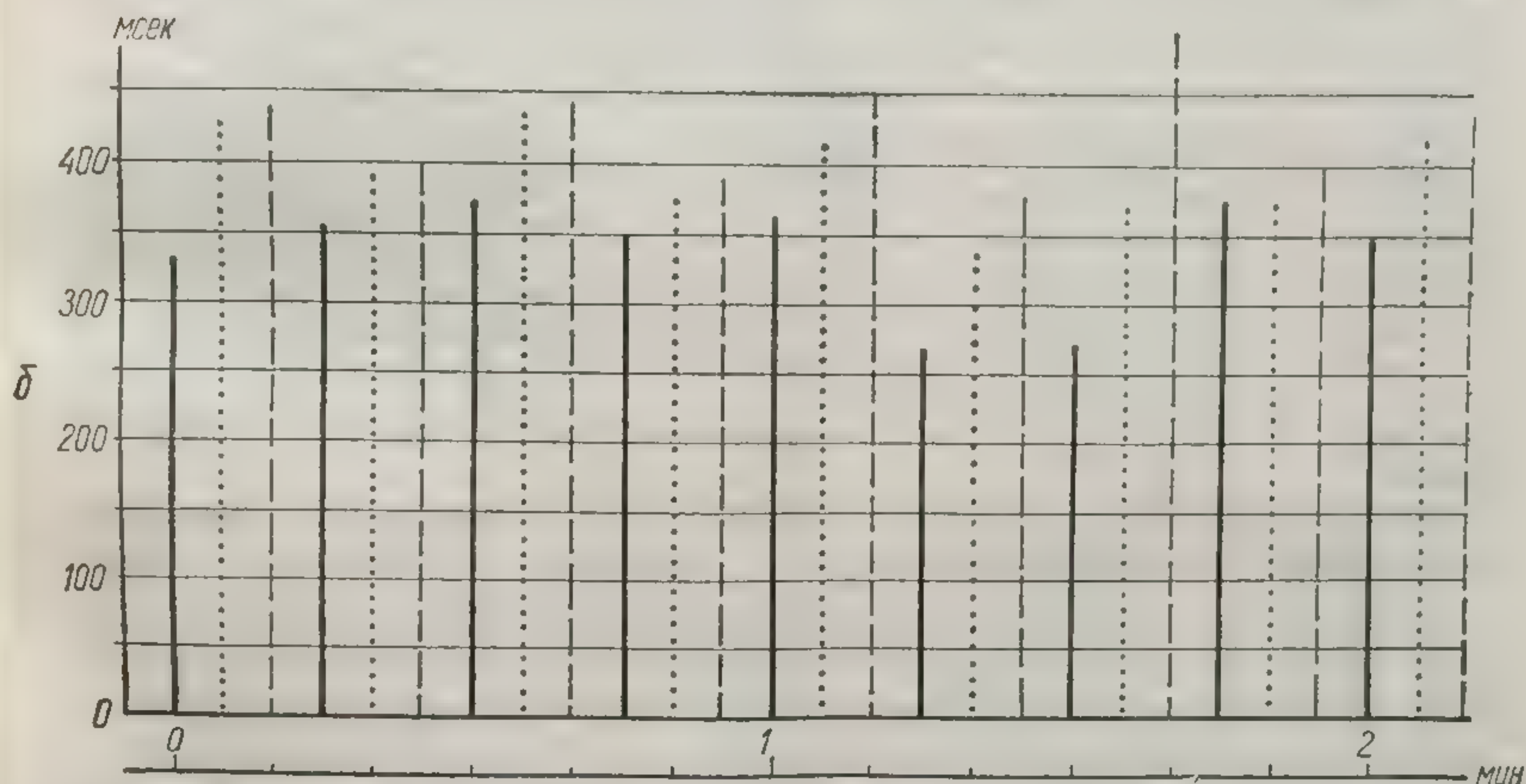
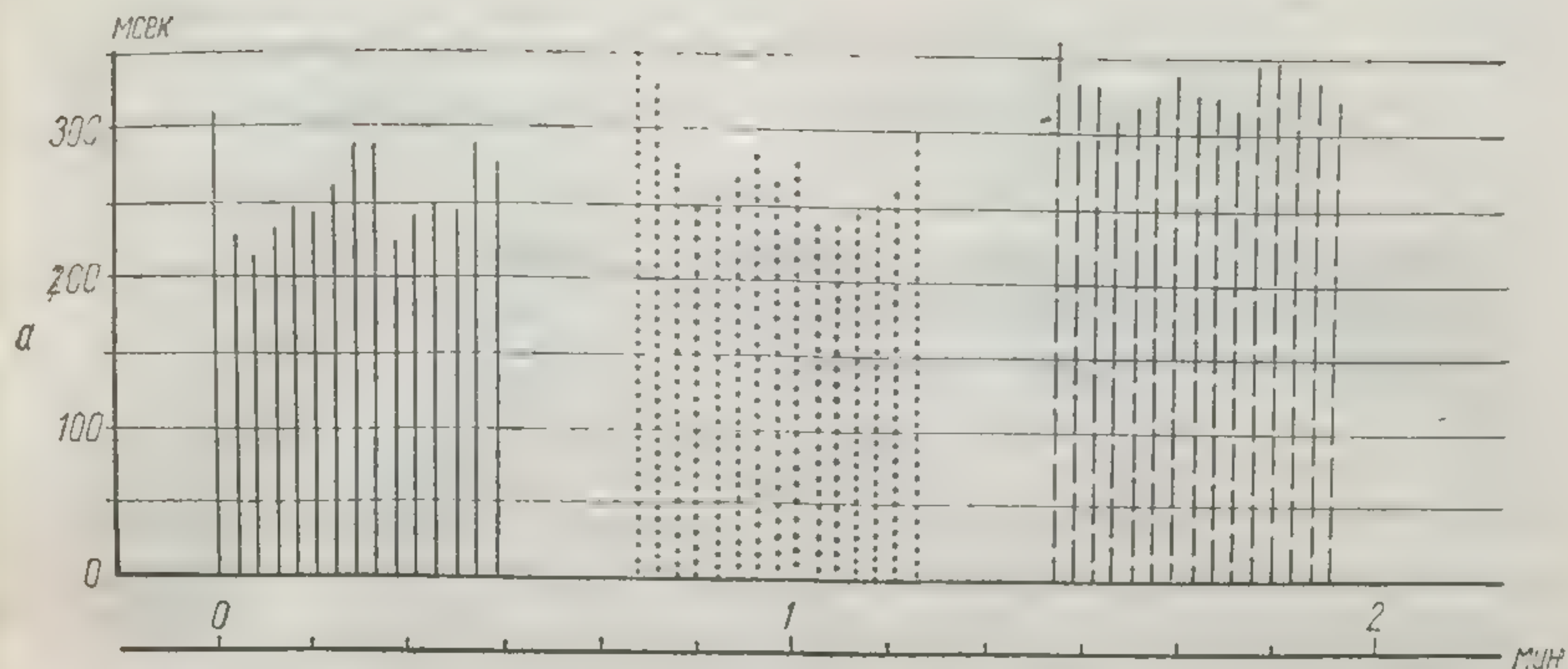


Рис. 4. Быстрота ответных реакций испытуемого Г-н на световые раздражители различными эффекторными звеньями (— пальцем, рукой, — — — ногой), отдельно (а) и при чередовании (б).

разница определяется между первым и третьим ответами, она равна 24% ($P < 0,001$).

Такая же закономерность выявлена у испытуемых и во втором опыте.

Отсюда следует, что быстрота ответных реакций в определенной степени зависит от работающего органа. Несмотря на

различия в ответах, двигательные функции не ограничивают быстроту ответных реакций, поскольку возможности исполнительного звена в два раза выше, чем они используются.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РЕЦЕПТОРНОГО ЗВЕНА НА БЫСТРОТУ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА

Первые исследователи (А. Hirsch, 1861; I. Kriess и F. Auerbach, 1877), изучавшие скорость реакции человека, заметили, что на звуковые раздражители испытуемые отвечают быстрее, чем на световые. Уже тогда они объяснили эти явления особенностями функционирования зрительного рецептора. Позже данные I. Kriess и F. Auerbach подтвердили многие ученые. Результаты исследований быстроты ответных реакций на раздражение разных рецепторов приведены в работе Е. И. Бойко (1964). Ученые отметили, что скорость ответов на раздражения зрительных рецепторов в пределах 150—200 мсек, на раздражение слуховых рецепторов — в пределах 120—160 мсек и тактильных — 110—160 мсек. Эти цифры не являются абсолютными, потому что их величина зависит от аппаратуры, с помощью которой подаются сигналы и регистрируются ответы (S. Forbs, 1945).

В наших опытах скорость ответов на раздражение световых рецепторов была 240—280 мсек, а звуковых рецепторов — 140—180 мсек. Таким образом, разница в скорости ответов на световые и звуковые раздражители была в пределах 20—30%, при этом статистически достоверной. То, что регистрируемое нами время ответных реакций было несколько больше данных других физиологов, по-видимому, частично обусловлено особенностями регистрирующей аппаратуры и методикой исследования. Если испытуемого ориентировать на то, чтобы он побыстрее отвечал только на два-три сигнала, то время ответных реакций будет короче, чем тогда, когда он отвечает на непрерывно поступающие сигналы в течение продолжительного времени.

Итак, из литературных и наших данных следует, что быстрота ответной реакции зависит от функциональных особенностей рецептора, на который действует раздражитель, а также от условий, в которых проводятся исследования. Время реакции на световые раздражители в среднем на 25% больше, чем на звуковые.

Чтобы определить степень утомления рецепторного звена в процессе продолжительной работы, нами была проведена первая серия опытов, в которых испытуемым предлагалось в течение 30 минут отвечать на сигналы, подаваемые через каждые 2 секунды. Так как у наших испытуемых время ответных реакций к концу опыта удлинялось в среднем на 20%, то можно было предположить, что за это время в рецепторном и в корковом звеньях рефлекторной цепи развилось утомление. Поэтому мы решили на 29-й минуте опыта, когда разовьется утомление, изменить рецепторное звено. Испытуемым все время демонстрировались световые сигналы, и только в начале и в конце опыта в течение 30 секунд подавались звуковые сигналы.

Характерные диаграммы опыта представлены на рисунке 5. Судя по ним, среднее время ответных реакций испытуемого А-в на световые сигналы в начале опыта было 278 мсек, а на звуковые сигналы — 168 мсек. В конце опыта оно соответственно равнялось 336 и 236 мсек. Другими словами, 28 минут работы — непрерывные ответы на световые сигналы, — время ответной реакции удлинилось на 20% ($P < 0,001$). На пробные звуковые сигналы время ответных реакций испытуемого удлинилось на 20% по сравнению с исходным и разница тоже была статистически достоверна. Аналогичные данные получены у остальных 9 испытуемых.

Исходя из этих данных, необходимо отметить, что переход возбуждения с одного рецептора, который продолжительное время подвергался раздражению, на возбуждение другого, до этого редко включавшегося в работу, не ведет к укорочению времени ответных реакций: оно остается почти таким же. По всей вероятности, снижение работоспособности в течение 30 минут такой деятельности не было обусловлено функциональными особенностями рецепторного звена.

Итак, в процессе оперативной деятельности человека в течение 30-минутной работы значительного снижения функции как рецепторного, так и эффекторного звеньев рефлекторной цепи не наблюдается. Функциональные способности этих двух звеньев значительно выше, чем они используются. Следовательно, определяемое увеличение времени ответных реакций за этот период работы было вызвано, главным образом, снижением функции центрального звена рефлекторной цепи.

Таким образом, время ответной реакции складывается из времени работы всех трех звеньев рефлекторной цепи. В зависимости от типа рецепторов и рабочих органов, которые вовлече-

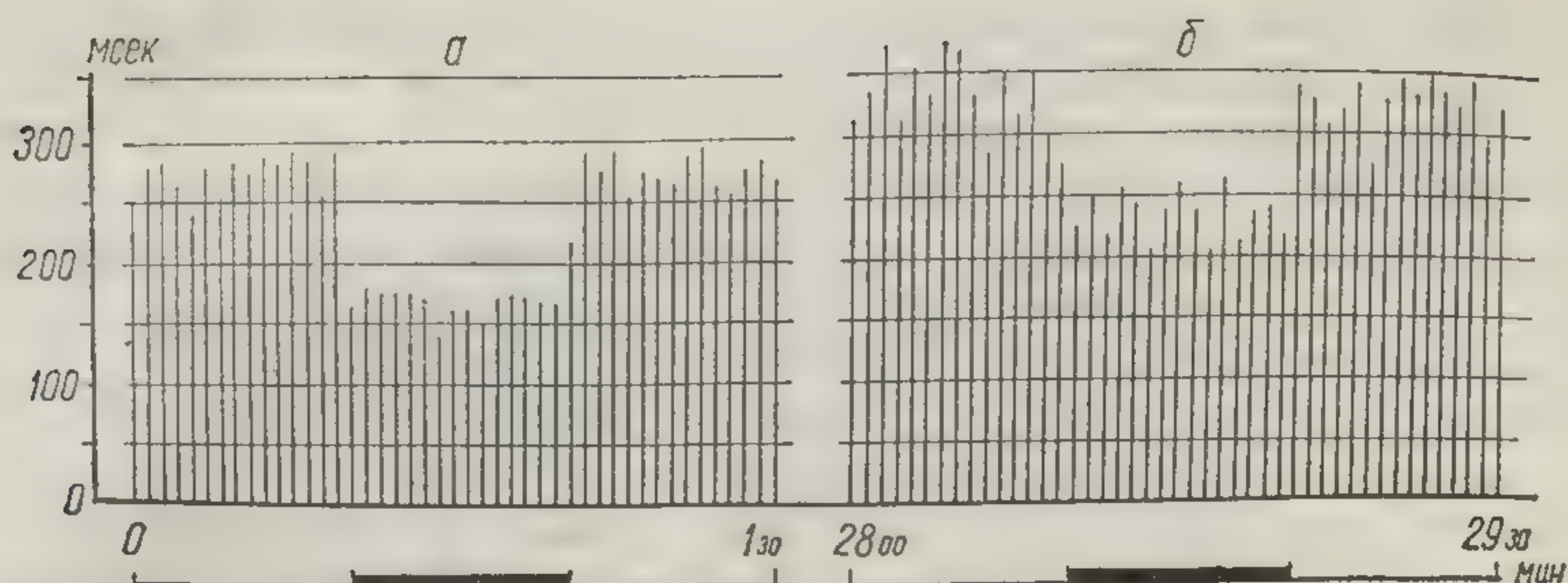


Рис. 5. Быстрота ответных реакций испытуемого А-в на световые и звуковые сигналы в начале опыта (а) и в конце его (б). На горизонтали указано время опыта и время применения звуковых сигналов (жирной линией).

ны в работу, оно может быть значительно длиннее или короче, но всегда является постоянным и статистически достоверным для целого ряда рефлекторных звеньев. Удлинение времени ответных реакций человека, когда начинает развиваться утомление, зависит в первую очередь от снижения функции центрального звена рефлекторной цепи.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗВЕНЬЕВ РЕФЛЕКТОРНОЙ ЦЕПИ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

Чтобы подойти к изучению этого взаимодействия, необходимо предварительно остановиться на характеристике работы отдельных звеньев рефлекторной цепи.

Существует как бы два типа воспринимающих систем: первый тип — когда образования головного мозга через рецепторы воспринимают лучистую или звуковую энергию из внешней среды, второй тип — когда под действием внешних раздражителей в коре головного мозга образуется корковая модель, которая при возбуждении дает представление последовательности сигналов. По первому типу человек отвечает на сигналы, поступающие в кору головного мозга извне, а по второму — воспроизводит их в памяти, т. е. использует модель, образовавшуюся после воспринятых сигналов.

Если у человека создалась прочная корковая модель на определенную последовательность поступающих сигналов, то ему значительно легче давать ответы на «корковые сигналы»,

чем на внешние. Это вызвано тем, что на проявление модели уходит меньше энергии, чем на восприятие внешних сигналов. Когда испытуемому приходится отвечать на большое число быстро поступающих световых сигналов, он стремится как можно быстрее освоить их последовательность и перейти на использование корковой модели. Такая особенность была хорошо заметна, когда испытуемому предлагалось отвечать на быстро подающиеся сигналы ударами по четырем клавишам. Как только испытуемый, отвечая на один сигнал, ударял по клавише, автоматически (через 100—150 мсек) подавался второй. Чем быстрее испытуемый отвечал на сигналы, тем быстрее они ему подавались. Особенностью этого опыта было то, что весь сигнальный комплекс, состоящий из 8 компонентов, многократно повторялся. Благодаря такой методике испытуемый после шести-восьми демонстраций мог свободно заучить последовательность сигналов и затем отвечать на сигналы в соответствии с корковой моделью. Определить начало использования испытуемым корковой модели можно было только по времени ответных реакций, так как время ответных реакций на световые сигналы в их опытах было длиннее — 200 мсек, то все ответы, время которых было короче 150 мсек, по существу были ответами не на внешние сигналы, а на возбуждающиеся корковые модели сигналов. В таблице 1 приведен результат такого опыта над испытуемым Н-г.

Таблица 1

Количество ответных реакций испытуемого Н-г
на сигналы во время опыта

Скорость ответов	Время опыта (в минутах)									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Короче 150 мсек	2	5	8	15	18	23	24	26	30	28
Длиннее 200 мсек	46	42	40	38	36	30	28	27	27	26

Из полученных данных следует, что в течение опыта число коротких ответов постепенно увеличивается — 2, 5, 8, 15, 18 ответов за 30 секунд и т. д., в то же время количество ответов длиннее 250 мсек постепенно снижается (в течение 5 минут более чем на 40%). По этим цифрам легко проследить, как по-

степенно формируется корковая модель последовательности поступающих сигналов, как испытуемый начинает ее использовать при ответах.

Была проведена контрольная серия опытов, в которой испытуемым подавались сигналы с той же частотой, но все время меняющейся последовательностью. Это делалось для того, чтобы испытуемый не мог заучить последовательность поступления сигналов. В этом случае у него не было быстрых (т. е. короче 150 мсек) ответных реакций. Самое короткое время ответных реакций на световые сигналы было длиннее 200 мсек. Значит, в этом опыте испытуемый отвечал только на внешние сигналы.

Но испытуемые не всегда используют корковую модель сигналов даже в тех случаях, когда ее образование ничем не затруднено. Например, в опыте, в котором состоящий из 8 компонентов сигнальный комплекс беспрерывно повторялся и в котором эти световые сигналы подавались редко — 15 раз в минуту, как правило, время ответных реакций было больше 200 мсек, ответов короче 150 мсек почти не было. Это свидетельствует о том, что испытуемые отвечали исключительно на внешние сигналы и не использовали корковую модель.

Подобные факты были выявлены М. А. Алексеевым (1953). Если проанализировать данные, полученные нами, то можно найти причину стремления испытуемого в одних случаях использовать корковую модель, а в других — нет. Когда сигналы подаются реже одного в секунду, достаточно времени, чтобы человек мог воспринять световой сигнал и ответить на него. На восприятие сигнала и на ответ уходит около 300—500 мсек, и еще остается более 500 мсек на ожидание следующего сигнала. Этих 500 мсек вполне достаточно, чтобы работающие корковые образования пришли в исходное состояние и были готовы воспринять новый сигнал. При демонстрации 100—120 сигналов в минуту на восприятие одного сигнала и на ответ отводятся те же 500—600 мсек, но на восстановление исходного состояния функционирующей системы времени нет. Нужно иметь в виду, что после ответа проходит некоторое время, пока система сможет воспринять новый сигнал. Вдобавок, с развитием утомления время ответных реакций удлиняется. Поскольку не хватает времени для нормального функционирования звеньев рефлекторной цепи, начинает перестраиваться работающая система: образуется и используется корковая модель последовательности возникновения сигналов. Таким образом, значительно сокра-

щается время на восприятие внешних сигналов и появляется дополнительное время для возвращения рефлекторной цепи в исходное состояние. Если на световые сигналы можно было получить 150 ответов в минуту, то при использовании корковой модели — до 300 ответов в минуту.

В процессе трудовой деятельности выработались и другие формы взаимодействия различных звеньев рефлекторной цепи, которые значительно расширили функциональные способности головного мозга. При таком взаимодействии систем сигналы воспринимаются и воспроизводятся не по одному, а целыми комплексами, благодаря параллельному функционированию системы восприятия сигналов и использования в ответных реакциях системы корковой модели. Эта форма взаимодействия функционирующих систем позволяет человеку более чем в два раза увеличить число ответов на внешние сигналы. Эта особенность параллельного функционирования этих двух систем хорошо прослеживается у машинисток при перепечатке текста, а также у наборщиков типографии во время машинного набора текста.

Мы детально проанализировали трудовой процесс монотиписток и линотиписток Минского полиграфического комбината имени Якуба Коласа (1966—1967). К их линотипам и монотипу подключались наши приборы, которые отмечали на ленте скорость набора букв в виде параллельно расположенных вертикальных столбиков. Высота каждого из них в миллиметрах соответствовала количеству напечатанных букв за каждые 10 секунд. Отрезки такой ленты (по 5 минут каждого часа), полученной за рабочую смену у испытуемой А-п, представлены на рисунке 6.

Когда монотипистка набирала текст школьного учебника («Родная литература») со скоростью 30—45 знаков за каждые 10 секунд, буквы печатались всеми пальцами рук. В первый час работы она набрала 13 600 знаков, во второй — 14 850, в третий — 10 700 и в четвертый — 12 200 знаков. В первый час после обеда скорость набора составила 14 000 знаков, во второй — 12 000 и в третий — 12 400 знаков. За смену она набрала 90 000 знаков. Следовательно, монотипистка ежесекундно печатала 3,6 знака. Такое большое количество сигналов могло быть воспринятым и произведенным благодаря способности коры головного мозга группировать сигналы, т. е. объединять их в отдельные серии.

Начинающие монотипистки, пока они не научились группи-

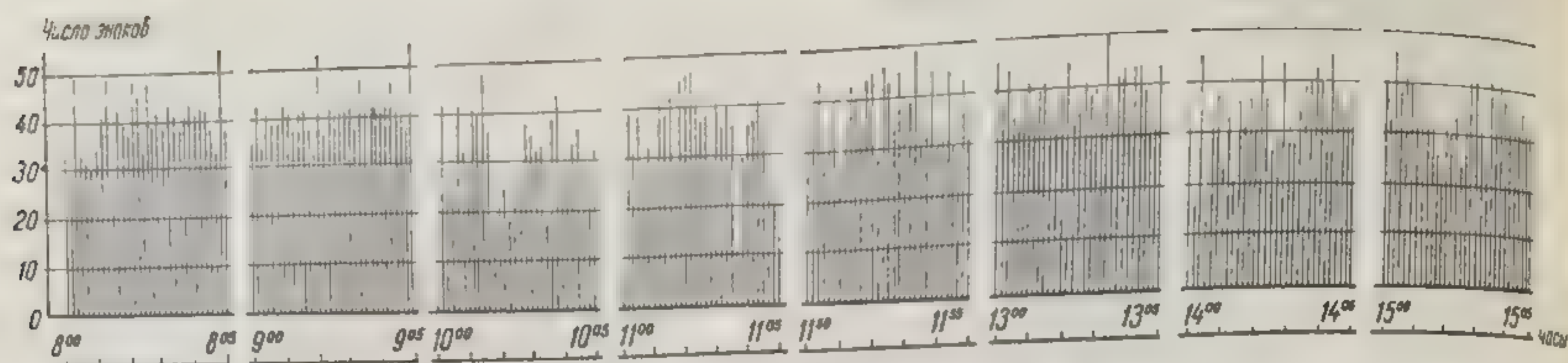


Рис. 6. Изменение интенсивности работы линотипистки А-п в течение рабочей смены (высота каждого вертикального столбика соответствует количеству набранных знаков).

ровать сигналы в памяти и серийно воспроизводить их, не могут набирать более двух знаков в секунду (за смену они набирают примерно столько же знаков, сколько опытная монотипистка за 1,5 часа). Притом скорость набора у них резко снижается уже после первого часа работы.

Несмотря на большую работоспособность, у стажированных рабочих тоже развивается утомление. Это можно заметить на том же рисунке 6. У испытуемой самая высокая работоспособность проявлялась через 30 минут от начала работы, когда она набирала по четыре знака в секунду. На третьем часу работы производительность снижалась на 26% по сравнению с исходным ($P < 0,001$), а затем, перед обедом, несколько повысилась. После обеда интенсивность работы была близка к первоначальной. К концу работы — она снова понизилась на 15% ($P < 0,005$).

В начале рабочей смены печатание идет равномерно с очень небольшими перерывами (на слух оно воспринимается как ритмическая дробь), функционирование рецепторного и исполнительного звеньев идет параллельно. На фоне воспроизведения одних сигналов воспринимаются новые. Перед обедом и в конце рабочей смены равномерность печатания резко нарушается, удары по клавишам идут «короткими очередями», между ними возникают интервалы, число и продолжительность которых возрастает по мере развития утомления. Постепенно «очереди» ударов укорачиваются, параллельность работы систем восприятия и воспроизведения сигналов нарушается.

Чтобы выяснить причину снижения оперативной функции головного мозга, был произведен детальный автохронометраж работы монотиписток, у которых перед обеденным перерывом и в конце рабочей смены наблюдалось понижение работоспособно-

сти на 10—15%. У них с помощью аппаратов одновременно регистрировалось количество напечатанных букв за каждую серию ударов, длившуюся около 3—8 секунд; число интервалов между сериями более одной секунды и общее число знаков, набранных за каждые 10 минут, т. е. производительность труда. По результатам одного из опытов над монотиписткой Б-ч с одновременной тройной регистрацией данных (см. рис. 7) видно, что в период наибольшего понижения производительности труда (11—12 и 14—15 часов) количество ударов по клавишам за короткие промежутки времени (3—8 секунд) не только не снижается, а, наоборот, повышается. Что касается производительности труда за 10 минут работы, то она в эти периоды снижается вследствие увеличения количества интервалов между отдельными сериями набора букв.

При развившемся утомлении сначала должно сработать рецепторное, а затем эффекторное звено, т. к. центральная нервная система обеспечивает только поочередную их работу.

Количество ударов в коротких сериях остается высоким и даже повышается. Правда, это более похоже на скоростные рывки, чем на плавную работу. В этом явлении возможно проявляется компенсаторное свойство центральной нервной системы, которая увеличивает нагрузку на исполнительное звено. Последнее звено рефлекторной дуги, как было доказано выше, работает не на пределе. Благодаря такой перестройке функций для деятель-

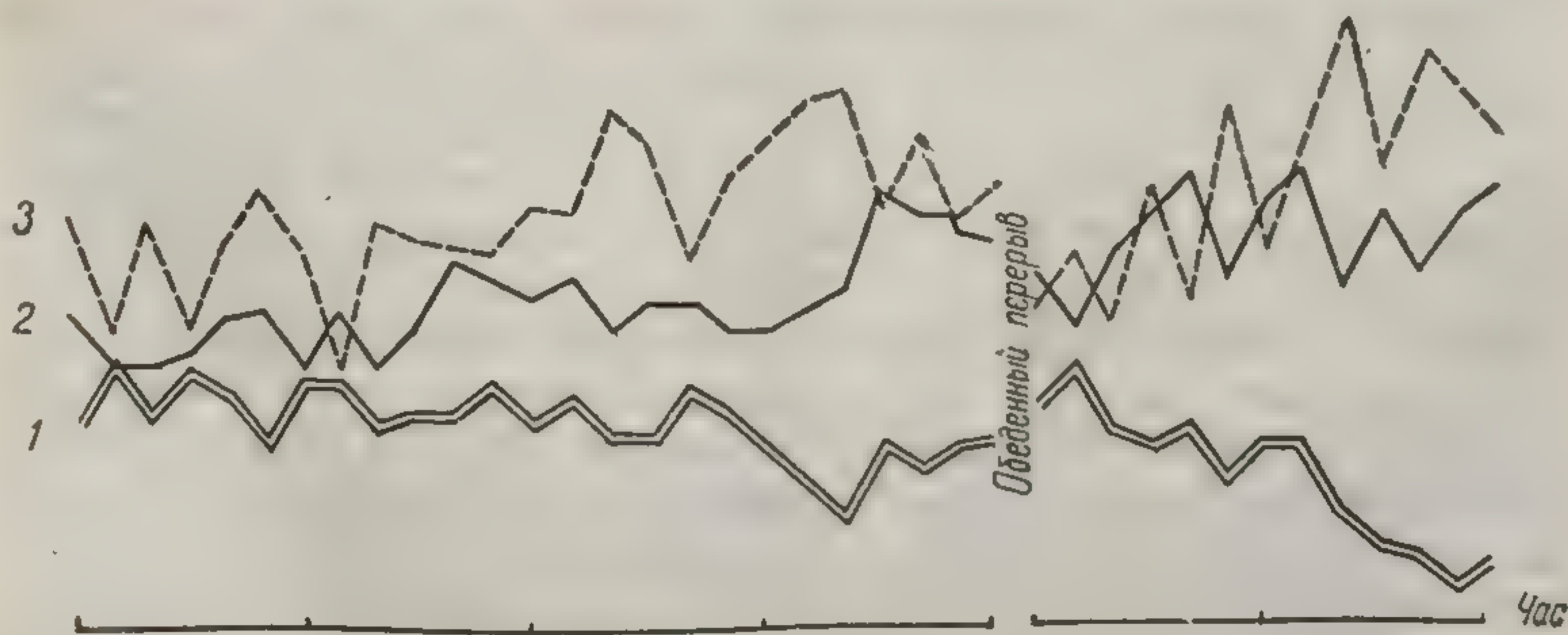


Рис. 7. Характеристика работы монотипистки Б-ч в течение рабочей смены: 1 — общая производительность; 2 — частота ударов по клавишам во время «очереди»; 3 — длина интервалов между «очередями».

ности центрального звена несколько увеличивается время. Благодаря этому интенсивность работы может оставаться более высокой.

Итак, с целью увеличения скорости переработки информации при оперативной деятельности человека вырабатываются новые формы регуляции работы звеньев рефлекторной цепи, которые обеспечивают параллельную работу рецепторного и эффекторного звеньев: пока идут ответные реакции на сигналы, накапливается информация новой серии сигналов. Сперва с развитием утомления снижается количество накапливаемой информации до ее воспроизведения. Затем становится невозможной параллельная работа рецепторного и эффекторных звеньев. Получается, что в результате утомления как бы выключаются более сложные формы взаимодействия звеньев и возбуждаются более примитивные.

Подобные явления следует рассматривать не как расстройства функций регуляторной системы, а как своего рода приспособление организма к новым условиям деятельности. При снижении функций центрального звена поочередная работа рецепторного и эффекторного звеньев становится наиболее экономной, что обеспечивает возможность продолжать работу, хотя и менее продуктивно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе продолжительной работы, выполняемой с большой скоростью, вследствие развившегося утомления снижается работоспособность различных биологических образований. Это снижение работоспособности наступает во всех работающих звеньях не сразу. Многое зависит от функциональных способностей разных биологических образований, а также от величины нагрузки, которая приходится на каждое звено при определенном виде деятельности. Не все работающие звенья «повинны» в невысокой работоспособности нервных образований. Рецепторные и эффекторные звенья способны функционировать значительно быстрее, чем система, формирующая образы сигналов. Много времени уходит и на «переключение» функций с эффекторного звена на рецепторное.

Когда необходимо воспринимать и отвечать на очень частые сигналы, вырабатывается наиболее рациональное взаимодействие работающих звеньев, которое позволяет значительно повы-

снить работоспособность путем перестройки функционирования. Благодаря такому свойству головного мозга человек может воспринимать большое число сигналов и отвечать на них.

Одной из первых приспособительных функций головного мозга является периодическое «отвлечение» от конкретных сигналов и использования уже образовавшейся модели последовательности сигналов. В этих случаях несколько выключается из работы рецепторное звено и система, формирующая в коре головного мозга образы воспринимаемых сигналов. Вместо них начинает функционировать образовавшаяся корковая модель последовательности сигналов. Кортиковая модель возбуждается значительно быстрее и при меньшей затрате нервной энергии, чем воспринимаются новые внешние сигналы и создаются на них образы. Поэтому человек в состоянии ответить на вдвое больше сигналов, чем при непосредственном их восприятии.

Второй приспособительной функцией, облегчающей работу головного мозга, является группирование воспринимаемых сигналов и ответов. В процессе тренировки человек начинает воспринимать сигналы не по одному, а целыми сериями. На эти сигналы образуются системы временных связей, благодаря которым воспроизводится весь комплекс сигналов. При данном виде деятельности создается большая экономия нервной энергии вследствие сокращения «переключений» функционирующих систем восприятия сигнала к его ответу и от ответа — к восприятию очередного сигнала. Когда же сигналы воспринимаются и воспроизводятся по одному, то «переключения» идут непрерывно. На них уходит много времени и нервной энергии.

Параллельная работа рецепторной и эффекторной систем является третьей приспособительной функцией. Она заключается в том, что человек может воспринимать сигналы в момент воспроизведения ответных реакций на возбужденные корковые следы до этого воспринятых сигналов. Для этого не требуется отвлечения основного внимания от восприятия новой серии сигналов.

Четвертой приспособительной функцией является усиление функций меньше всего выходящего из строя звена рефлекторной цепи при развитии утомления. При ускорении работы исполнительного звена освобождается время для работы других звеньев рефлекторного акта, функция которых снизилась при развившемся утомлении. Благодаря этому работоспособность человека, несмотря на снижение работоспособности отдельных звеньев рефлекторной цепи, может оставаться высокой.

Пятой приспособительной функцией головного мозга является реактивное изменение интенсивности работы. При более быстром выполнении работы резко увеличивается работоспособность всех звеньев рефлекторной цепи. В результате время ответных реакций уменьшается, т. е. при ускорении работы автоматически перестраиваются работающие системы для работы в большем темпе. При замедлении темпа работы отмечается обратная зависимость: удлиняется время ответных реакций на подаваемые сигналы. При многократных изменениях темпа работы такие явления не уменьшаются, а увеличиваются. Все это говорит о хорошей приспособленности к работе функционирующих систем.

Итак, в результате труда выработалось динамическое взаимодействие различных звеньев рефлекторной цепи, которое позволяет создавать высокую оперативную функцию головного мозга, несмотря на довольно низкую работоспособность отдельных биологических образований. Только благодаря взаимозамене и перестройке функций работающих систем становится возможным выполнение работы при минимальных затратах времени и нервной энергии, а, главное, сохранение высокой работоспособности при развитии утомления.

ГЛА
ЗА
И Е

Зам
спечива
ного м
форма
мы вид
лать б
котора
«прояв

Есл
ное зн
в деяте
только
обраща
информ
смысл,
мыкате
мозга н
ную в и

Нас
сти гол
бовало
зафикс
и много
быстро
этом м
процесс
вить пр
человеч

В э
ний зам

Глава третья

ЗАМЫКАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

Замыкательная функция коры головного мозга человека обеспечивает образование новых связей. В результате в коре головного мозга создается новая, а также осваивается готовая информация об окружающей среде. Другими словами, все то, что мы видели или слышали и потом вспомнили, мы смогли сделать благодаря замыкательной функции коры головного мозга, которая создает в нем «отпечатки», способные впоследствии «проявляться».

Если для животного в образовании новой информации основное значение имеют конкретные раздражители — свет, звук, то в деятельности человека они при многих видах труда являются только носителями информации. Человек, читающий книгу, мало обращает внимания на сами буквы как таковые, а осваивает информацию, заключенную в словах, то есть улавливает тот смысл, который имеется в сочетании букв. В этих случаях замыкательная функция фиксирует отражения в коре головного мозга не столько сами буквы, сколько информацию, заключенную в их сочетаниях.

Нас больше всего интересовали функциональные возможности головного мозга осваивать новый материал. Для этого требовалось определить то количество информации, которое могло зафиксироваться в головном мозгу под влиянием однократного и многократного предъявления сигнального комплекса, а также быстроту, с которой проявляется освоенная информация. При этом мы стремились вскрыть закономерности развития нервных процессов при таком виде корковой деятельности, чтобы установить причины, ограничивающие функциональные возможности человеческого мозга в освоении нового материала.

В этой главе изложены различные приемы изучения изменений замыкательной функции коры головного мозга в период про-

должительной умственной работы, а также способы разрешения поставленных вопросов, которые мы разрабатывали в течение 10 лет (1957—1967).

ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЫКАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ «КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ»

Одно из свойств головного мозга, которое раньше всего отмечает экспериментатор, это ограниченные функциональные возможности образования новых нервных связей. Это свойство мы выявили в первых же опытах, когда испытуемый осваивал новую информацию, заключенную в коротких сигнальных комплексах.

Еще в прошлом веке исследователями было замечено, что у человека имеется определенный объем памяти. Сначала Н. Еbbinghaus (1885), а затем Джекобсом (1887) были разработаны специальные приемы для его определения. С установлением объема памяти мы и начали исследование замыкательной функции мозга.

Изучение замыкательной функции коры головного мозга в условиях «краткосрочной памяти» велось с помощью подачи комплекса из семи сигналов испытуемым 18—25 лет. Каждый такой комплекс демонстрировался только один раз. После воспроизведения испытуемым содержания освоенного комплекса сразу же подавался второй сигнальный комплекс такой же величины, но с новым содержанием и т. д. Таким образом, в опыте один за другим демонстрировалось большое число сигнальных комплексов.

В наших опытах сигналы (гласные буквы, картинки или световые вспышки) следовали друг за другом в каком-нибудь определенном порядке. Испытуемому были хорошо знакомы сами сигналы, но ему была неизвестна последовательность подачи сигналов. Она-то и составляла для него новую информацию, которую нужно было освоить. У взрослого человека после подачи 10-сигнальных комплексов регистрировались ответные реакции. Данные правильно освоенных сигналов являлись показателем объема замыкательной функции коры головного мозга испытуемого в момент исследования.

Результаты опытов, которые были проведены на 100 испытуемых, показали, что количество правильно освоенных сигналов после однократного предъявления комплекса бывает неодинако-

во. Так, в 49% случаев испытуемые освоили пять или шесть сигналов, в 22% случаев они освоили 7 сигналов, в 16% случаев — 4, в 7,5% — 3, в 3,5% — 2 и 1,5% случаев — только один сигнал. Таким образом, в 70% случаев испытуемые после однократного предъявления 7-компонентного сигнального комплекса освоили 5—7 сигналов.

При статистической обработке полученных сведений установлено, что испытуемые из каждого 7-компонентного сигнального комплекса были в состоянии освоить в среднем 5,27 сигнала. Среднее квадратическое отклонение составило $\pm 0,81$.

Дополнительный анализ данных опытов позволил также установить, что не все компоненты сигнального комплекса испытуемые осваивают одинаково.

Так, 1-й компонент сигн.	к-са	осваивался	в 89%	случаев,	σ 11
2-й	»	»	»	в 85%	» σ 14
3-й	»	»	»	в 79%	» σ 16
4-й	»	»	»	в 76%	» σ 17
5-й	»	»	»	в 72%	» σ 18
6-й	»	»	»	в 66%	» σ 19
7-й	»	»	»	в 62%	» σ 21

Таким образом, первый и второй компоненты сигнального комплекса осваиваются значительно лучше, чем последующие; с уменьшением количества освоенных компонентов увеличивается различие между данными разных испытуемых.

Аналогичные исследования были проведены на испытуемых разного возраста: учениках первого и четвертого классов (8—9 и 12—13 лет), студентах института (18—24 лет), научных работников института (25—30 лет) и пенсионерах (старше 60 лет). Предварительно были подобраны сигнальные комплексы, которые позволяли лучше выявлять непосредственный объем замыкательной функции коры головного мозга. Испытуемым 8—9 лет оптимальными для освоения являются 4-компонентные сигнальные комплексы, испытуемым 12—13 лет — 6-компонентные, испытуемым 18—30 лет — 7-компонентные, а испытуемым старше 60 лет — 5-компонентные комплексы.

Данные исследования возрастных изменений объема замыкательной функции коры головного мозга наших испытуемых представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы, объем замыкательной функции головного мозга при краткосрочном запоминании с увеличением воз-

Таблица 2

**Освоение компонентов сигнального комплекса
после его однократного предъявления испытуемым разного возраста**

Возраст испытуемых (в годах)	Количество испытуемых	Среднее количество освоенных компонентов (М)	σ
8—9	100	3,3	0,9
12—13	100	4,1	1,1
18—24	100	5,2	0,8
25—30	37	5,4	0,9
60—65	15	3,8	0,8
70—75	15	3,0	1,3

раста испытуемого изменяется. У детей 8—9 лет этот объем небольшой, он обеспечивает замыкание только 3,3 связи, у детей 12—13 лет — несколько больший и способствует замыканию 4,1 связи. Самый большой объем замыкательной функции у взрослых людей — у них замыкается более 5 связей. У стариков он снова маленький.

Определив непосредственный объем замыкательной функции головного мозга, мы приступили к исследованию изменений этого объема в зависимости от продолжительности работы. Чтобы установить, как изменяется замыкательная функция коры головного мозга, когда приходится осваивать много сигнальных комплексов, были проведены исследования на 14 испытуемых в возрасте 18—25 лет, которые в опыте, длившемся около часа, осваивали один за другим 200 6-компонентных сигнальных комплексов. Необходимо отметить, что эти испытуемые по роду основной работы занимались умственной деятельностью и были натренированы в освоении коротких сигнальных комплексов.

У трех из них замыкательная функция коры головного мозга за время освоения всех двухсот сигнальных комплексов не изменилась. У них можно было заметить только склонность к ее понижению. У четырех человек к концу опыта замыкательная функция снизилась на 10%, а у семи — на 20%. Это же явление было выявлено при ее изучении у 30 школьников четвертого класса и у 40 студентов вузов до и после 5—6-часовых учебных занятий, на которых учащимся давали много нового материала. После занятий у 85% испытуемых объем замыкательной функции снизился на 10—20% относительно исходной величины.

Итак, во всех опытах можно было заметить, что высшие нервные образования обеспечивают освоение испытуемым небольшого числа сигналов. Такое ограничение функции коры головного мозга поддерживается в течение длительной работы, во время которой человек может освоить только 4—6 сигналов из каждого сигнального комплекса.

Чтобы объяснить эти факты, нами в 1960—1962 годах была выдвинута гипотеза, согласно которой небольшой объем замыкательной функции головного мозга обусловлен определенной величиной заряда нервных клеток, составляющей «творческий очаг», в котором образуются новые связи. Таким образом, заряд «творческого очага» достаточен только для образования 5—7 новых связей. С исчезновением заряда фактически исчезает «творческий очаг», в нем больше не образуются новые связи, хотя рецепторной системой сигналы воспринимаются. Заряд сразу же восстанавливается, как только испытуемый «отвлекается» от освоенного комплекса, т. е. «забывает» заученное. Теперь он снова может осваивать новые сигнальные комплексы. При таком виде умственной деятельности в головном мозгу испытуемых не могут долго сохраняться вновь образованные связи: после воспроизведения информации сигналов связи моментально угасают. Таким способом «творческий очаг» как бы освобождается для освоения нового сигнального комплекса.

Этот тип работы коры головного мозга мы называли замыкательной функцией головного мозга в условиях краткосрочной памяти. Этот термин нами был использован в 1963 году и с тех пор применяется во всех публикациях.

ЗАМЫКАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ «ДОЛГОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ»

Изучением выработки сложных систем временных связей у человека мы занимаемся с 1954 года, посвятив ему много работ, в том числе монографию (1962). Здесь мы коротко расскажем об основных закономерностях, установленных нами при выработке сложных систем временных связей у испытуемых, а затем более подробно рассмотрим влияние различных факторов, в том числе и утомления, на изменения замыкательной функции головного мозга.

Замыкательная функция коры головного мозга в условиях «долгосрочной памяти» характеризуется тем, что испытуемому

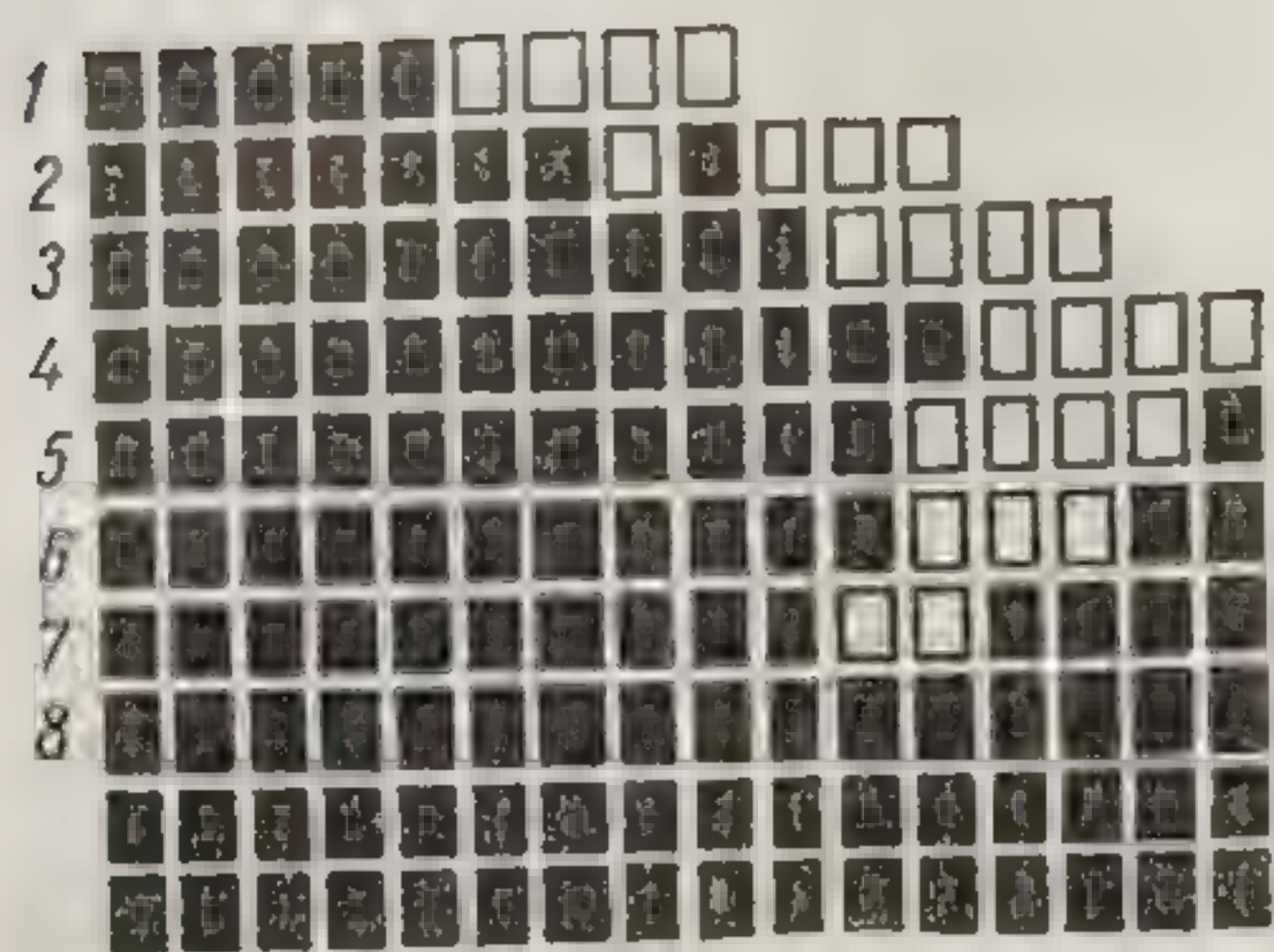


Рис. 8. Формирование сложной системы временных связей у испытуемого Г-ч, 20 лет, на 16-компонентный сигнальный комплекс (каждый черный прямоугольник обозначает правильный ответ на один из компонентов, каждый белый прямоугольник — неправильный ответ. Цифры слева указывают на порядок демонстрации сигнального комплекса).

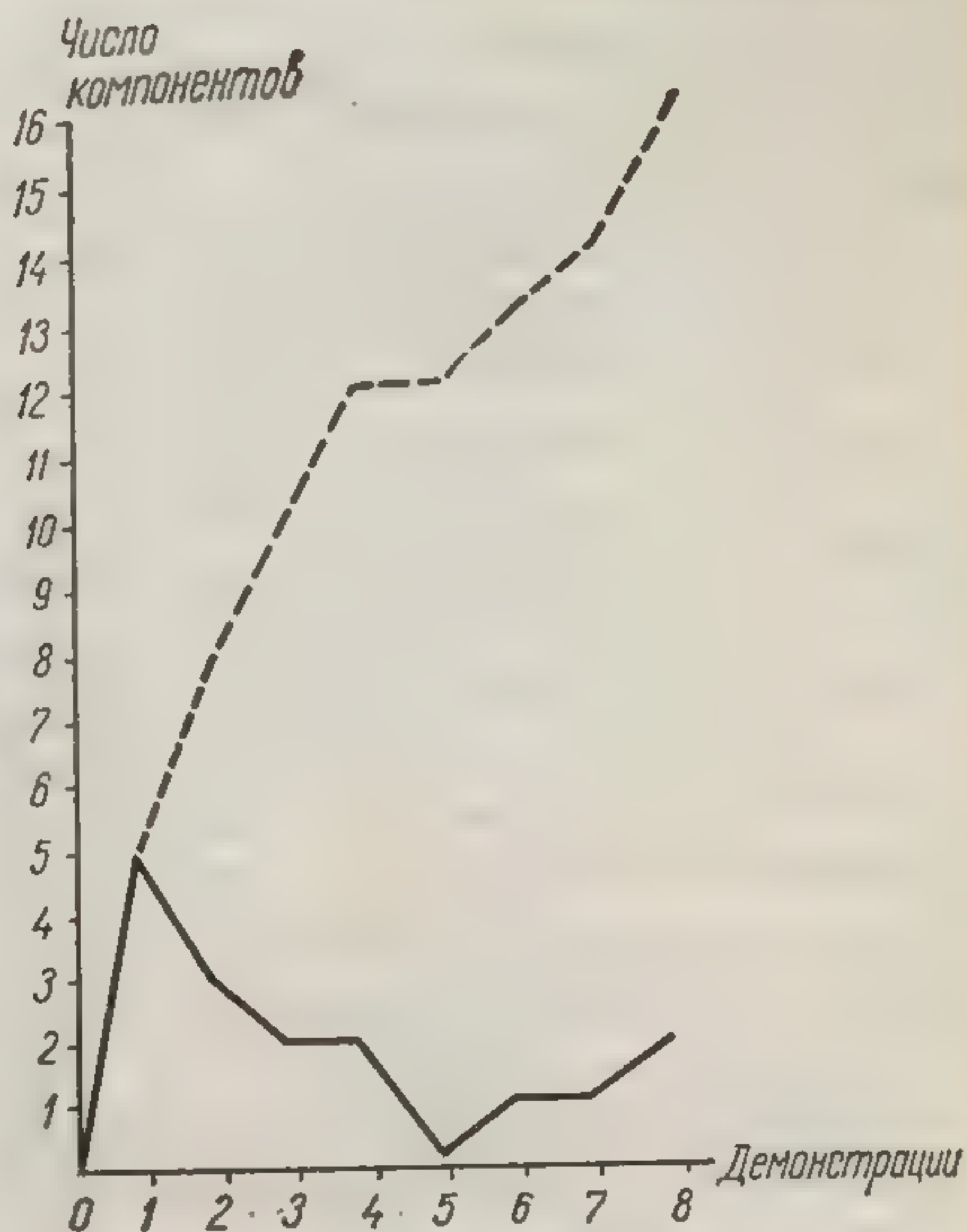


Рис. 9. Рост формирующейся системы временных связей у того же испытуемого: — количество новых связей, - - - общее число связей.

необходимо освоить сигналы, долго удерживать их в памяти, все время добавляя к ним новые. Для ее исследования мы демонстрировали испытуемым всего лишь один сложный сигнальный комплекс (например, испытуемым 18—25 лет подавался комплекс из 16 сигналов следующего содержания: Ы, Ю, У, О, А, Е, Ы, У, А, О, Е, Ю, Ы, А, У, О). Через 5 секунд после демонстрации комплекса испытуемому предлагалось воспроизвести движениями или словами освоенные им сигналы. После регистрации ответных реакций через 10 секунд повторно демонстрировался тот же самый сигнальный комплекс. После второй демонстрации испытуемый опять воспроизводил освоенные им сигналы. Так повторялось много раз до тех пор, пока он не начинал правильно воспроизводить весь сигнальный комплекс.

Результат такого опыта над испытуемым Г-ч представлен на рис. 8, из которого видно, что после каждой демонстрации сигнального комплекса количество связей увеличивалось. Только после восьмой демонстрации у испытуемого полностью сформирова-

ровались в коре головного мозга системы временных связей на 16-компонентный сигнальный комплекс.

Первое, что бросилось в глаза при анализе результатов опыта, это формирование системы по частям и неодинаковое количество вновь образованных связей после каждой демонстрации. Чтобы более глубоко исследовать это явление, данные опыта были дополнительно обработаны. Результат обработки представлен диаграммой на рисунке 9.

Как видно из рисунка, только при первых демонстрациях образуется много новых связей. В дальнейшем их количество резко снижается.

Такие же эксперименты были проведены на 50 испытуемых 18—20-летнего возраста, у которых вырабатывались системы на 18-компонентный сигнальный комплекс. После статистической обработки данных опытов было установлено, что при первой демонстрации у них образовывалось в среднем 5,7 связи (при среднем квадратичном отклонении $\pm 2,65$), при второй демонстрации сформировалось $3,95 \pm 2,25$ связи, при третьей демонстрации — $3,2 \pm 2,1$, при четвертой — $2,34 \pm 1,9$ и при пятой демонстрации — $1,27 \pm 1,6$ связи. При каждой последующей демонстрации каждый раз образовывалось менее одной новой связи. Так, при шестой демонстрации — только $0,96 \pm 1,2$ связи, при седьмой — $0,25 \pm 0,4$ связи, при восьмой — $0,15 \pm 0,2$, при девятой — $0,1 \pm 0,15$ и при десятой демонстрации — $0,08 \pm 0,09$ связи. Следовательно, по мере усложнения формирующейся системы, число образующихся связей все время уменьшается. Это явление легко объяснить исходя из позиций нашей гипотезы о наличии определенной величины нервного заряда «творческого очага». Еще раз проанализируем полученные данные, придерживаясь такой точки зрения. Итак, при первой демонстрации сигнального комплекса образуется 5 новых связей, на что расходуется почти весь заряд «творческого очага», при второй демонстрации — несколько меньше (3 связи), поскольку часть заряда используется на возбуждение 5 связей, образованных при первой демонстрации. В дальнейшем, по мере образования новых связей, нервный заряд все больше и больше расходуется на возбуждение уже образованных связей, и поэтому его очень мало остается для образования новых связей. Во время опыта часто приходилось отмечать в течение нескольких демонстраций задержку образования новых связей, потому что весь заряд «творческого очага» использовался на возбуждение уже образованных связей и его не остается для создания новых. После нескольких демонстраций сигнального

комплекса прочность связей увеличивается. На возбуждение упроченных связей расходуется меньше энергии, чем на их образование. Поэтому неиспользованная часть нервного заряда идет на формирование новых связей. Таким образом, заряд «творческого очага» расходуется как на образование новых связей, так и на возбуждение уже образованных. Чем больше заряда уходит на возбуждение уже образованных связей, тем меньше его остается на создание новых.

Если на замыкание новых связей всегда требуется примерно одинаковое количество нервного заряда, то на возбуждение образованных — разное. Все зависит от прочности образованных связей. Когда у испытуемого Д-в мы вырабатывали систему временных связей на постепенно усложняющийся сигнальный комплекс (т. е. количество сигналов в демонстрируемом комплексе по мере их освоения испытуемым все время увеличивали), число освоенных им сигналов становилось все больше и больше (см. рис. 10).

После седьмой демонстрации испытуемый освоил 17 сигналов. Но во время восьмой демонстрации он не смог освоить 2 новых сигнала, поэтому 19-компонентный сигнальный комплекс пришлось демонстрировать еще раз. После 12-й демонстрации, когда был подан 23-компонентный сигнальный комплекс, образованная система частично разрушилась: испытуемый воспроизвел информацию 15 сигналов вместо 23. Следовательно, весь заряд «творческого очага» ушел на возбуждение вновь образованной 21 связи. Частичное использование его для формирования 22-й и 23-й связи во время 12-й демонстрации привело к «утрате» некоторых связей, образованных ранее. После повторенных двух демонстраций сигнального комплекса, состоящего из 21 компонента, система временных связей полностью восстановилась. Еще три дополнительные демонстрации сигналов настолько укрепили ее, что к концу опыта испытуемый смог освоить сигнальный комплекс из 30 компонентов. Наращивание системы временных связей стало возможным благодаря тому, что при четырехкратном воспроизведении системы связи значительно укрепились и на их возбуждение стало уходить намного меньше энергии «творческого очага», чем раньше. «Излишки» энергии были использованы на образование девяти новых связей.

Это свойство коры головного мозга хорошо выявляется при воспроизведении испытуемым информации из только что сформировавшейся у него системы временных связей. На рисунке 11 представлены две диаграммы, отражающие процесс проявления

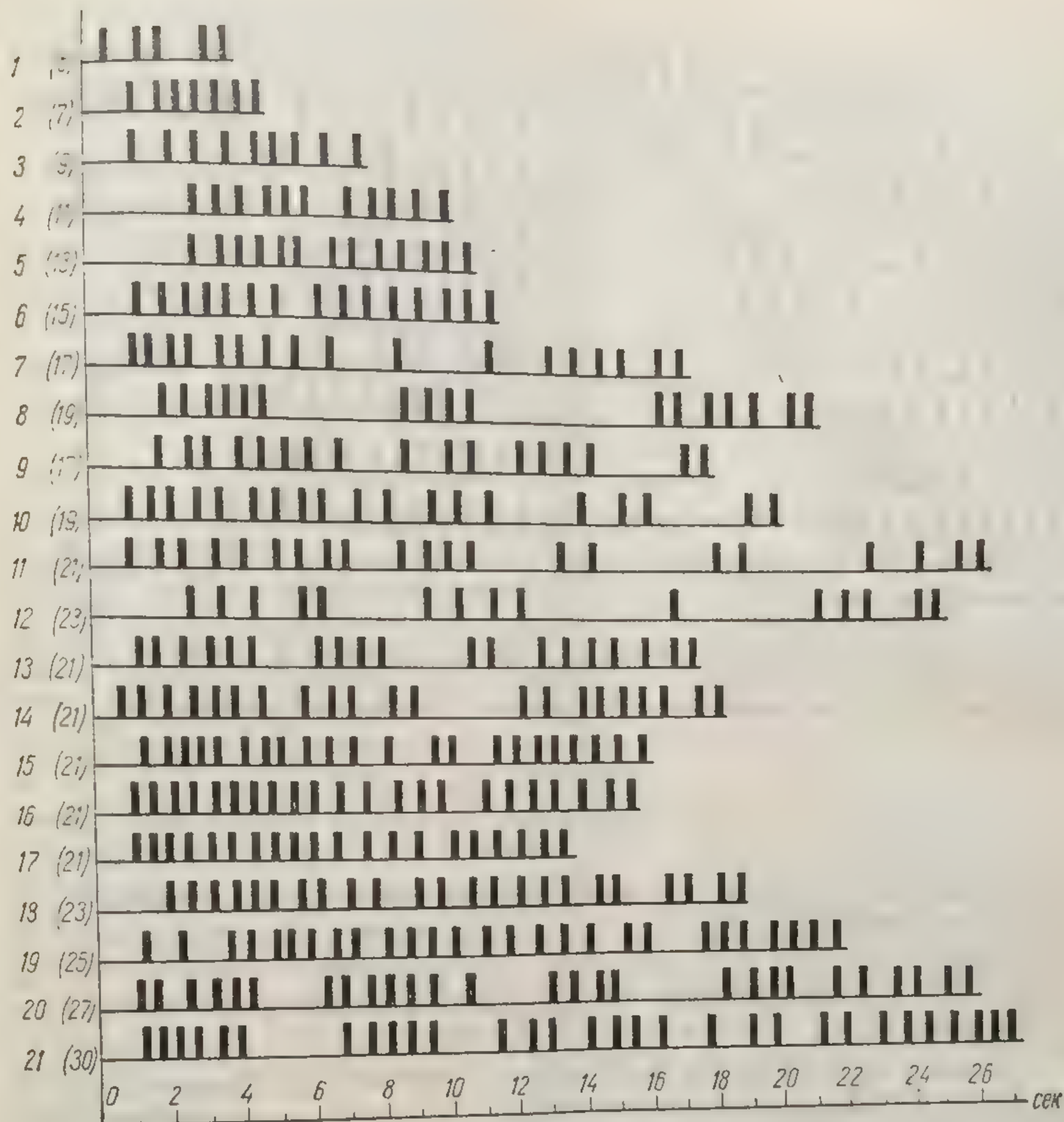


Рис. 10. Скорость проявления временных связей у испытуемого Д-в, 25 лет, в процессе формирования системы (каждый вертикальный столбик обозначает ответную реакцию испытуемого. Слева по вертикали обозначены номера очередных демонстраций сигнального комплекса, а в скобках — количество демонстрируемых сигналов).

системы временных связей, образованных у испытуемого В-в 12 лет на 12-компонентный сигнальный комплекс. Как видно на рисунке, вновь образованные связи проявляются медленно — примерно через 1—3 секунды, но при дальнейших воспроизведе-

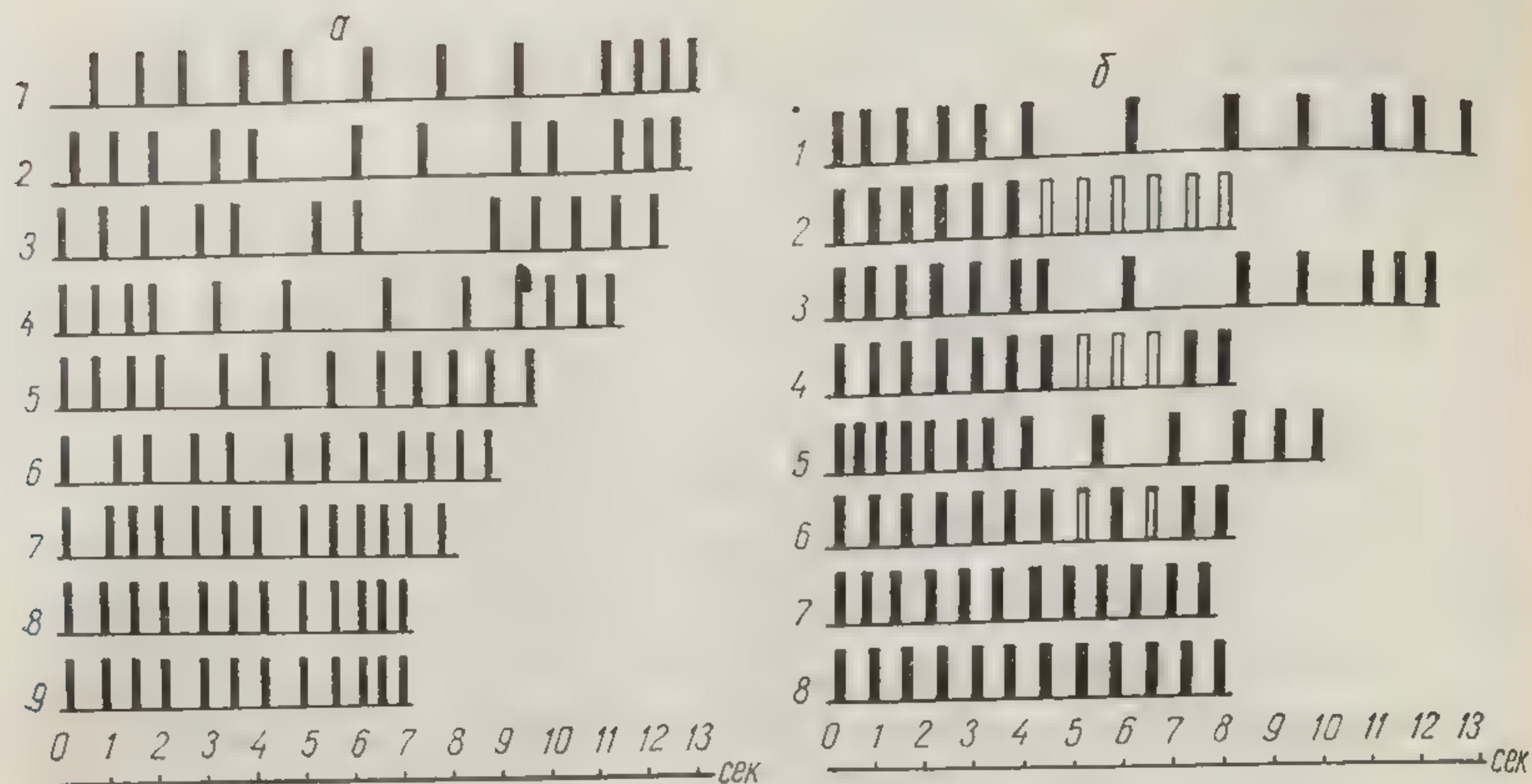


Рис. 11. Скорость проявления системы временных связей в обычных условиях (а) и при определенном ритме (б, воспроизведения 2, 4, 6 и 8). Черными столбиками обозначены правильные ответы, а белыми столбиками — неправильные.

ниях информации время проявления связей постепенно сокращается.

Последнее явление обусловлено постепенным увеличением прочности образованных связей. Быстрее всего упрочиваются связи начала системы и медленнее — ее середины и конца вследствие того, что первые связи образуются раньше и поэтому лучше укрепляются.

Когда в специальном опыте испытуемый воспроизводил информацию только что образованной системы с частотой 90 движений в минуту, т. е. делал каждое движение несколько быстрее чем за 1 секунду, связи второй половины системы, которые обычно возбуждались медленнее чем за секунду, не проявились (см. рис. 11, б). Чем больше воспроизводилась информация, тем все меньше становилось связей, на проявление которых уходило много времени. Из полученных данных видно, что по мере укрепления образованных связей не только снижается количество затрачиваемой энергии «творческого очага» на их возбуждение, но и увеличивается скорость их проявления.

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАМЫКАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ЛЮДЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ «ДОЛГОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ»

Свыше десяти лет (1955—1966) мы занимались исследованием онтогенетического развития высшей нервной деятельности человека. Наиболее подробно нами были изучены возрастные особенности замыкательной функции коры головного мозга в условиях «долгосрочной памяти». Сперва мы изучали развитие этой функции у детей, затем — у подростков и взрослых людей, а Л. А. Гуринович (1962, 1963, 1966, 1967) — у пожилых.

Все наши исследования начинались с выработки у испытуемых систем временных связей на простые сигнальные комплексы. Для этого их знакомили с условиями опытов, а затем приступали к выработке у них систем временных связей, включающих не более 4—6 компонентов. На второй день у испытуемых проверялись знания условий опыта, затем начиналось исследование, в котором вырабатывались более сложные системы временных связей на световые сигналы. Исследование длилось 5 дней. В одном опыте формировалось по две системы. Мы подбирали сигнальные комплексы такой сложности, чтобы человек мог освоить их в течение 8—12 демонстраций. Если предыдущий сигнальный комплекс был освоен испытуемым за 6 демонстраций, то для выработки следующей системы применялся новый сигнальный комплекс, который был больше предыдущего на 2 компонента.

Показателем возможности замыкательной функции коры головного мозга было количество образованных временных связей на 4—5-й день опыта в течение 10 демонстраций сигнального комплекса.

Первая серия опытов была проведена на 115 школьниках II, IV, VI, VIII и X классов. Результаты этих опытов представлены в таблице 3.

Таким образом, с увеличением возраста человека увеличивается число осваиваемых им сигналов. Наряду с увеличением числа освоенных школьниками старших классов компонентов увеличивается разница между числом освоенных компонентов отдельными школьниками. После обработки полученных данных было установлено, что разница в скорости освоения комплексов была статистически достоверна между учениками через каждые два года, и только разница между 8-классниками и 10-классниками небольшая (9%) и статистически недостоверная.

Таблица 3

Возможности замыкательной функции коры головного мозга
у школьников различного возраста

Возраст испытуемых (в годах)	Количество испытуемых	Среднее число компонентов (M)	σ	Крайние пределы колебания
9—10	20	9,0	1,6	6—12
11—12	30	11,5	2,0	8—14
13—14	20	14,0	2,3	10—18
15—16	25	16,5	2,7	12—20
17—18	20	18,0	3,0	14—22

Аналогичные исследования были проведены на взрослых людях, которых мы объединили по возрасту в три группы. В первую группу вошли студенты вуза (20 человек) и лаборанты научно-исследовательского учреждения (10 человек) в возрасте 20—25 лет. Вторую и третью группы испытуемых (в возрасте 30—35 и 40—45 лет) составили научные работники научно-исследовательского института (соответственно 10 и 5 человек) и квалифицированные рабочие (по 20 человек в каждой группе). Результаты проведенных у них исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4

Возможности замыкательной функции коры головного мозга
у взрослых людей различного возраста

Возраст испытуемых (в годах)	Количество испытуемых	Среднее число компонентов (M)	σ	Крайние пределы колебания
20—25	30	20	5,0	13—28
30—35	30	21	5,5	12—30
40—45	25	18	4,0	12—26

Разница в числе освоенных компонентов сигнальных комплексов между тремя группами обследованных статистически не достоверна. Характерными для всех испытуемых были большие индивидуальные различия. Так, если одни из них в течение опыта

были в состоянии освоить информацию сигнального комплекса из 12—13 сигналов, то другие за это же время были способны освоить информацию 26—30 сигналов. Как правило, научные работники осваивали значительно больше информации, чем заводские рабочие, за исключением тех из них, которые были заняты умственным трудом. Правда, среди научных работников тоже встречались лица со слабой замыкательной функцией коры головного мозга.

Применив такую же методику опытов, Л. А. Гуринович (1962, 1963, 1967) изучила особенности замыкательной функции коры головного мозга у людей старше 50 лет. Она обследовала 33 пожилых и старых практически здоровых людей, которым в течение 5—10 опытов демонстрировались сигнальные комплексы такой сложности, чтобы они могли освоить их в течение 10—12 демонстраций. Каждый день проводился один опыт, во время которого у испытуемого вырабатывалась одна система временных связей. Данные опытов представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Возможности замыкательной функции коры головного мозга
у людей преклонного возраста**

Возраст испытуемых (в годах)	Количество испытуемых	Среднее число компонентов (M)	σ	Пределы колебания
50—55	8	16,0	3,6	10—20
61—65	8	12,0	2,6	8—15
71—75	9	9,8	2,2	7—12
80 и больше	8	7,0	1,9	5—10

Как следует из таблицы, чем старше человек, тем меньше он осваивает сигналов. С уменьшением числа осваиваемых компонентов уменьшается разница между ними у разных испытуемых. Например, если разница в образовании предельно трудных систем у 50—55-летних в пределах 10—20 компонентов, то у 80-летних — в пределах 5—10.

Существенная разница в числе освоенных компонентов между всеми возрастными группами оказалась статистически достоверной.

На основании данных всех проведенных исследований была

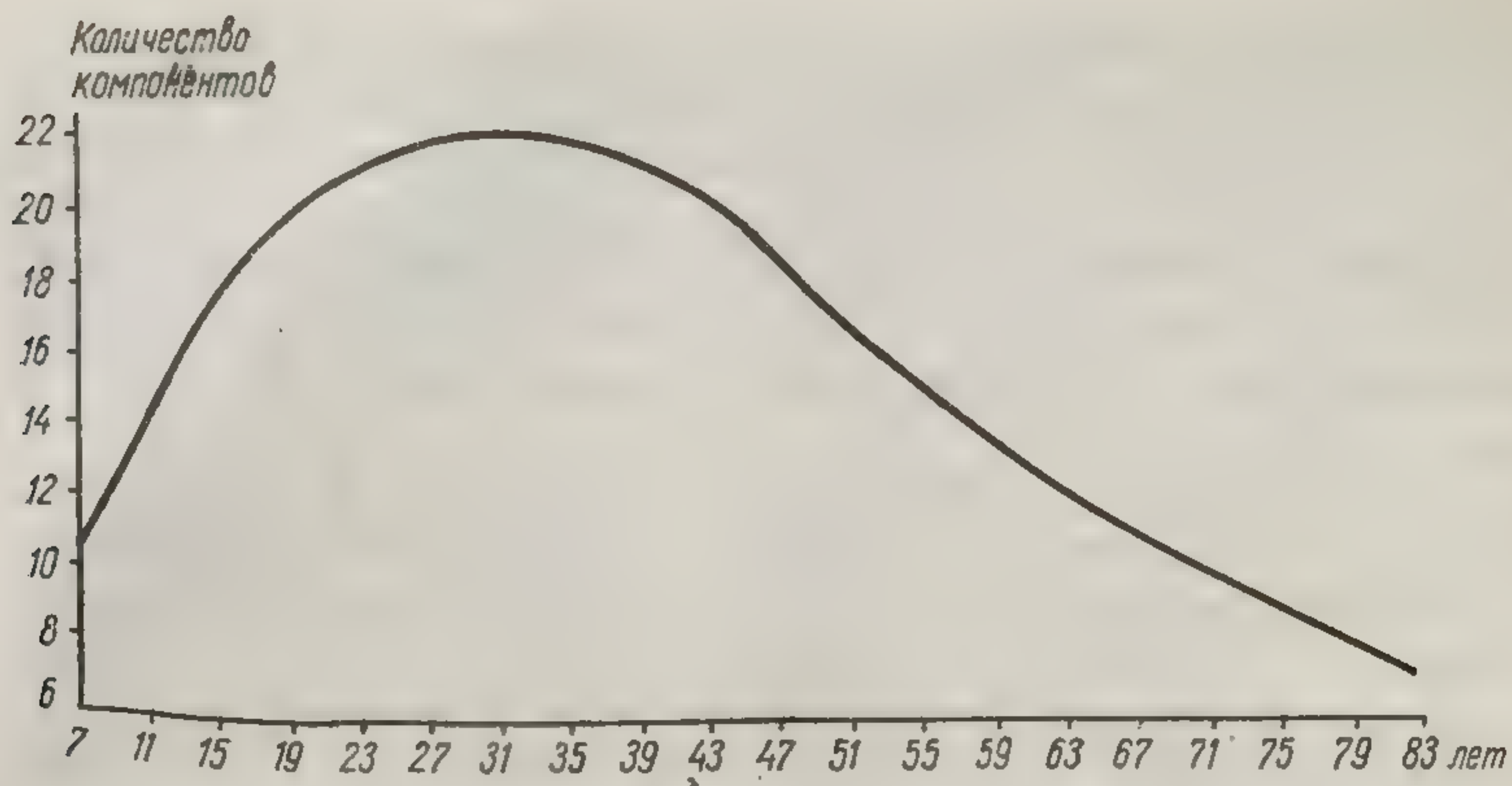


Рис. 12. Изменение замыкательной функции коры головного мозга в зависимости от возраста.

выведена кривая, отражающая состояние замыкательной функции коры головного мозга во время формирования сложных систем временных связей у людей различного возраста (см. рис. 12). Судя по этой кривой, замыкательная функция коры усиливается постепенно, по мере увеличения возраста человека.

Необходимо отметить, что наиболее интенсивное усиление этой функции определяется в 7—16 лет, у детей с 9 до 12 лет замыкательная функция повышается на 28%, с 11 до 14 лет — на 21,5%, а у подростков с 13 до 16 лет — на 18% за год. Разница через каждые 2 года статистически достоверна. В дальнейшем усиление замыкательной функции коры головного мозга идет медленно. Разница между показателями замыкательной функции у испытуемых 15—16 лет и 17—18-летними за год уже составляет около 9% и статистически недостоверна. С 18 до 45 лет изменения этой функции небольшие и статистически недостоверные. После 30—35 лет начинается ослабление замыкательной функции. К 40—45 годам она уменьшается на 14,3%, а к 50—55 годам — на 24%. У людей старше 50—55 лет эта функция понижается еще быстрее.

Теперь остановимся на нервных процессах, обеспечивающих образование, сохранение и проявление временных связей у человека в зависимости от его возраста.

У испытуемых среднего возраста не только быстро образуются новые связи, но они и более устойчивые, чем у детей и стари-

ков. У детей (особенно моложе 10 лет) при выработке предельно сложных систем временных связей периодически исчезают уже образованные связи. У стариков отмечаются аналогичные явления. Это происходит потому, что имеющийся у них небольшой заряд «творческого очага» не в состоянии обеспечить одновременное удержание значительного числа образованных связей и образование новых. На рисунке 13 можно отметить, особенно по данным испытуемого Е-в, когда новые связи не замыкаются (8—9, 11—14-я демонстрации), а лишь проявляются образованные. В этих случаях весь заряд «творческого очага» используется на возбуждение образованных связей. Только после нескольких демонстраций, когда закрепятся образованные связи, начинают замыкаться новые. Такие явления редко приходилось наблюдать у испытуемых 15—50 лет. У них вследствие наличия мощного заряда «творческого очага» система временных связей формируется равномерно. При каждой очередной демонстрации сигналов образуется несколько новых связей. Правда, некоторые связи исчезали, но они быстро восстанавливались. Значит, у этих испытуемых заряд «творческого очага» достаточен для того, чтобы не только удержать в возбужденном состоянии образованные связи, но и создать новые.

Нами была замечена и другая особенность нервной деятельности испытуемых. Люди среднего возраста более рационально использовали свои возможности при освоении нового материала.

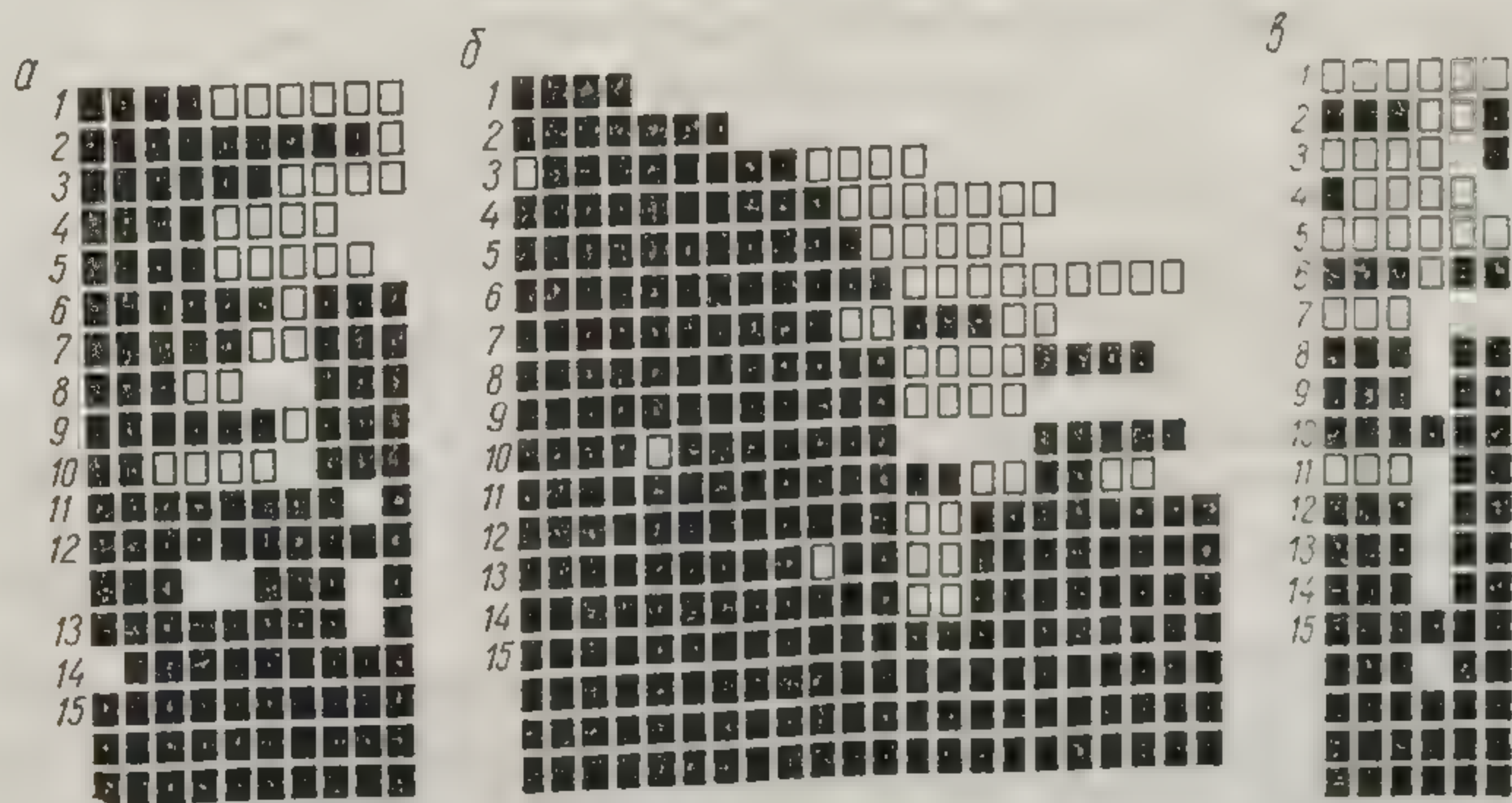


Рис. 13. Формирование сложных систем временных связей у испытуемых Г-ч, 7 лет (а), Д-о, 30 лет (б), и Е-в, 70 лет (в). Обозначения те же, что и на рис. 8.

Они не стремились сразу освоить большое количество информации, ограничиваясь освоением нескольких сигналов при первых демонстрациях. При таком способе освоения информации образованные связи более прочны и не исчезают при новых демонстрациях сигналов. Вследствие малого опыта дети стремятся сразу освоить весь материал. Это приводит к тому, что вновь образующиеся у них связи очень непрочны и легко исчезают. Старики долго задерживаются на освоении небольшого количества сигналов и не стараются осваивать новые. Такое явление обусловлено еще и тем, что на проявление образованных связей требуется значительно меньше нервного заряда «творческого очага», чем на замыкание новых. Не случайно функция проявления устойчивых связей у стариков становится доминирующей: старики охотно вспоминают старое и с трудом осваивают новое.

Итак, способности человека осваивать новую информацию с возрастом изменяются: до 25 лет они увеличиваются, а после 35 лет — постепенно уменьшаются.

При сопоставлении наших данных с литературными данными о выработке условных рефлексов обнаруживается несоответствие.

На основе результатов опытов своих сотрудников, которые изучали замыкательную функцию коры у детей и подростков (4—17 лет), А. Г. Иванов-Смоленский пришел к выводу, что «замыкание новых условных связей в среднем происходит тем быстрее, чем младше возраст испытуемых». Его сотрудники, а также исследователи из лабораторий В. М. Бехтерева, Н. И. Красногорского и Л. А. Орбели, обнаружили, что у подростков и особенно у взрослых людей условные рефлексы часто не вырабатываются. Это явление отмечалось у испытуемых в исследованиях, когда для выработки условных рефлексов использовалось подкрепление не только словом, но и пищей или болевым раздражением. Следовательно, установленное снижение замыкательной функции коры головного мозга с увеличением возраста испытуемых при образовании условных рефлексов является объективным фактом и не обусловлено какой-то одной методикой исследования.

На первый взгляд существует противоречие: с одной стороны, по нашим данным, замыкательная функция коры головного мозга до 35 лет увеличивается, а с другой — литературные данные свидетельствуют об обратном. И те, и другие факты являются достоверными, т. к. они определены у большого числа испытуемых. Мы полагаем, что здесь никакого противоречия нет, по-

тому что разные данные обусловлены тем обстоятельством, что выявляется замыкательная функция на разных уровнях функционирования коры головного мозга.

Образование новых связей при выработке условных рефлексов происходит на низшем функциональном уровне коры головного мозга. У человека такая деятельность коры головного мозга имеет существенное значение в первые месяцы жизни, до появления у ребенка речи. Приобретение информации об окружающей среде через слова идет на более высоком функциональном уровне коры головного мозга. Если информация, приобретаемая человеком условнорефлекторным путем, отражает только те условия, в которых она образовалась, то информация, получаемая в словесной системе, может содержать самые различные сведения и не зависит от той обстановки, в которой она была полностью освоена.

Замыкательная функция коры головного мозга обеспечивает освоение информации в закодированном виде. Она достигает своего максимального развития к 25—30 годам и только в дальнейшем по мере старения человека начинает постепенно снижаться.

На основании литературных данных, в первую очередь, данных сотрудников лабораторий В. М. Бехтерева, А. Г. Иванова-Смоленского, Н. И. Красногорского, Н. И. Касаткина и М. М. Кольцовой, а также результатов собственных исследований, мы пришли к выводу, что в развитии функций высшей нервной системы человека есть несколько периодов.

С момента рождения человека вся связь его с окружающей средой осуществляется на самом низком уровне коры головного мозга — через врожденные рефлексы. Так продолжается несколько дней. Постепенно вступают в силу функции второго условнорефлекторного уровня коры. Благодаря ему значительно улучшается связь организма ребенка с внешней средой. Под действием раздражителей окружающей среды ребенок может заранее к ним подготовиться. Информация, приобретенная через условные рефлексы, отражает только те непосредственные явления, при которых она получена.

Примерно с шестого месяца жизни у ребенка, а у некоторых детей — несколько позже, начинают проявляться функции третьего уровня коры головного мозга, связанного с подражательной деятельностью человека. По существу, возникают элементы активного моделирования окружающей среды. Эти функции способствуют формированию речи и вступлению в силу

функций четвертого уровня коры головного мозга — освоению информации в закодированном виде.

Функции четвертого уровня начинают проявляться у ребенка примерно в полуторагодичном возрасте, а иногда — несколько позже. Они набирают полную силу к 3—5 годам его жизни, оставаясь основными, пока человек накапливает знания. Это обусловлено тем, что, во-первых, приобретенная на четвертом функциональном уровне информация обеспечивает познание самых различных явлений в природе и обществе, во-вторых, она не требует наличия самих явлений в период освоения информации и, в-третьих, приобретенная информация в словесной форме проявляется без тех сложных операций, которые необходимы для подражательной деятельности.

Необходимо отметить, что функции нового коркового уровня постепенно становятся главенствующими и подчиняют себе предыдущие. Все функции низших уровней продолжают действовать, хотя и в меньшей степени, чем раньше, — главным образом, в качестве фона.

ПЕРЕГРУЗКА ЗАМЫКАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ В УСЛОВИЯХ «ДОЛГОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ»

После того как была установлена зависимость снижения работоспособности от продолжительности работы, у нас возник новый вопрос: как изменяются нервные процессы, если испытуемый пытается продолжать работу после того, как использован весь заряд «творческого очага»?

Чтобы ответить на него, мы провели несколько исследований, в которых особое внимание уделили изучению нарушения механизма деятельности мозга. Несомненно, максимальные нагрузки позволяют лучше выявить эти механизмы.

Свои опыты мы начали с исследования высшей нервной деятельности стариков, поскольку у них, как было доказано выше, очень быстро развивается утомление во время умственной работы. Это обстоятельство значительно упростило опыты. Сначала мы демонстрировали испытуемому 4-компонентный сигнальный комплекс. После его освоения добавлялся 5-й сигнал, и этот комплекс подавался испытуемому. Так, путем прибавления сигналов, все время увеличивался сигнальный комплекс. По существу, у испытуемых системы временных связей образовывались на постепенно усложняющийся сигнальный комплекс. Характерный

результат такого опыта представлен на рисунке 14.

Как видно из рисунка, испытуемый А-с только после 5-й демонстрации освоил 7-компонентный сигнальный комплекс. В этот период не только долго не осваивался 7-й, добавленный, компонент, но даже частично утрачивались ранее освоенные. Испытуемый совсем не смог освоить 8-компонентный сигнальный комплекс. Так происходило постепенное исчезновение ранее образованных связей.

Таким образом, сигнальный комплекс, по мере увеличения, осваивается все с большим трудом и наступает такой момент, когда вместо замыкания новых связей утрачиваются уже образованные — нервные образования коры головного мозга, выполняющие замыкательную функцию, перегружаются.

Эту же закономерность мы определили у 7-летних детей. Аналогичные исследования были проведены на испытуемых среднего возраста (28—34 лет). Сначала мы создавали у них систему временных связей на 18-компонентный сигнальный комплекс. Затем, как и в предыдущих опытах, после полного освоения испытуемым сигнального комплекса добавлялось по одному или по два новых компонента. Получалось так, что с каждой демонстрацией увеличивался сигнальный комплекс и соответственно усложнялась образующаяся система временных связей. Нарращивание сигнального комплекса продолжалось до тех пор, пока не перегружались функционирующие образования коры головного мозга.

Результаты таких опытов над людьми различного возраста представлены на рисунке 15.

Таким образом, у 30-летнего испытуемого заряда «творческого очага» хватало для образования наращивающим путем системы из 34 связей. К этому моменту весь его заряд используется на удержание этой образованной системы. При попытке освоить

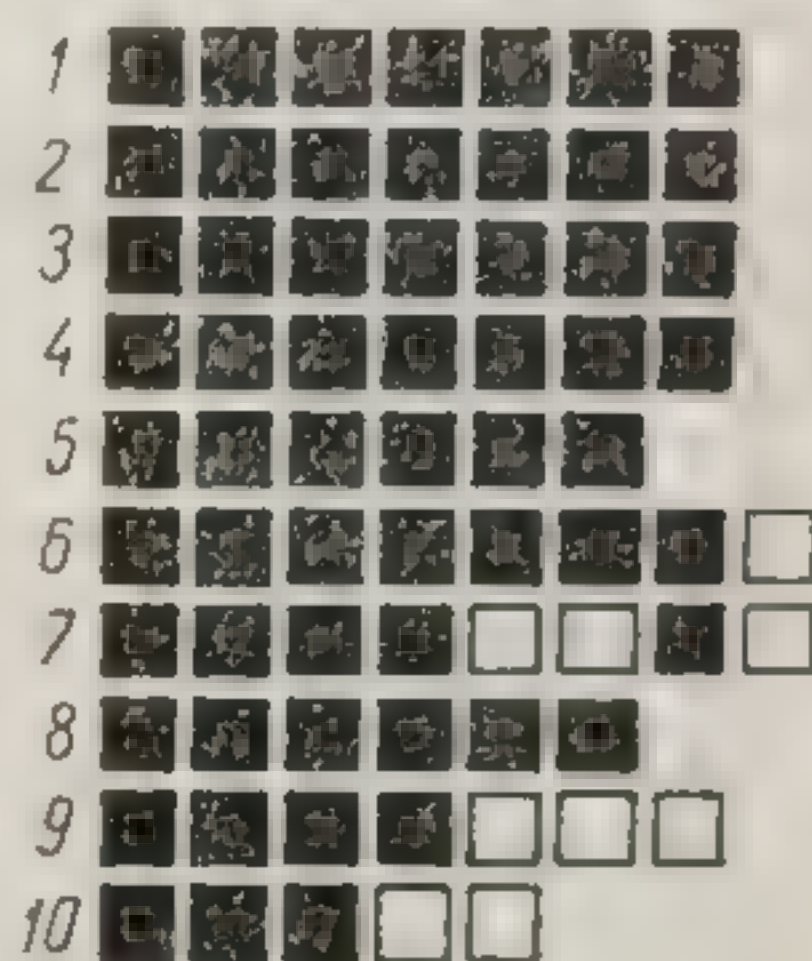
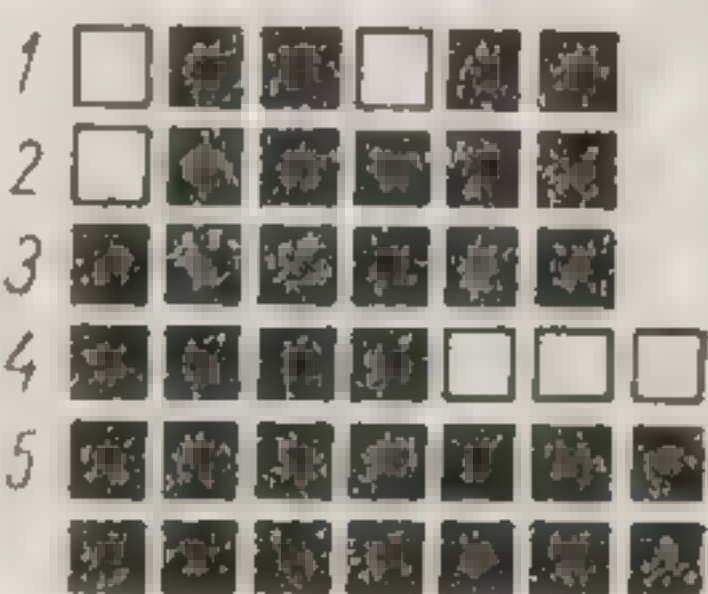
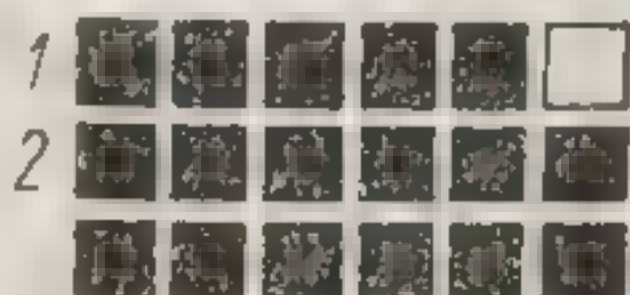


Рис. 14. Формирование сложной системы временных связей у испытуемого А-с на постепенно увеличивающийся сигнальный комплекс.

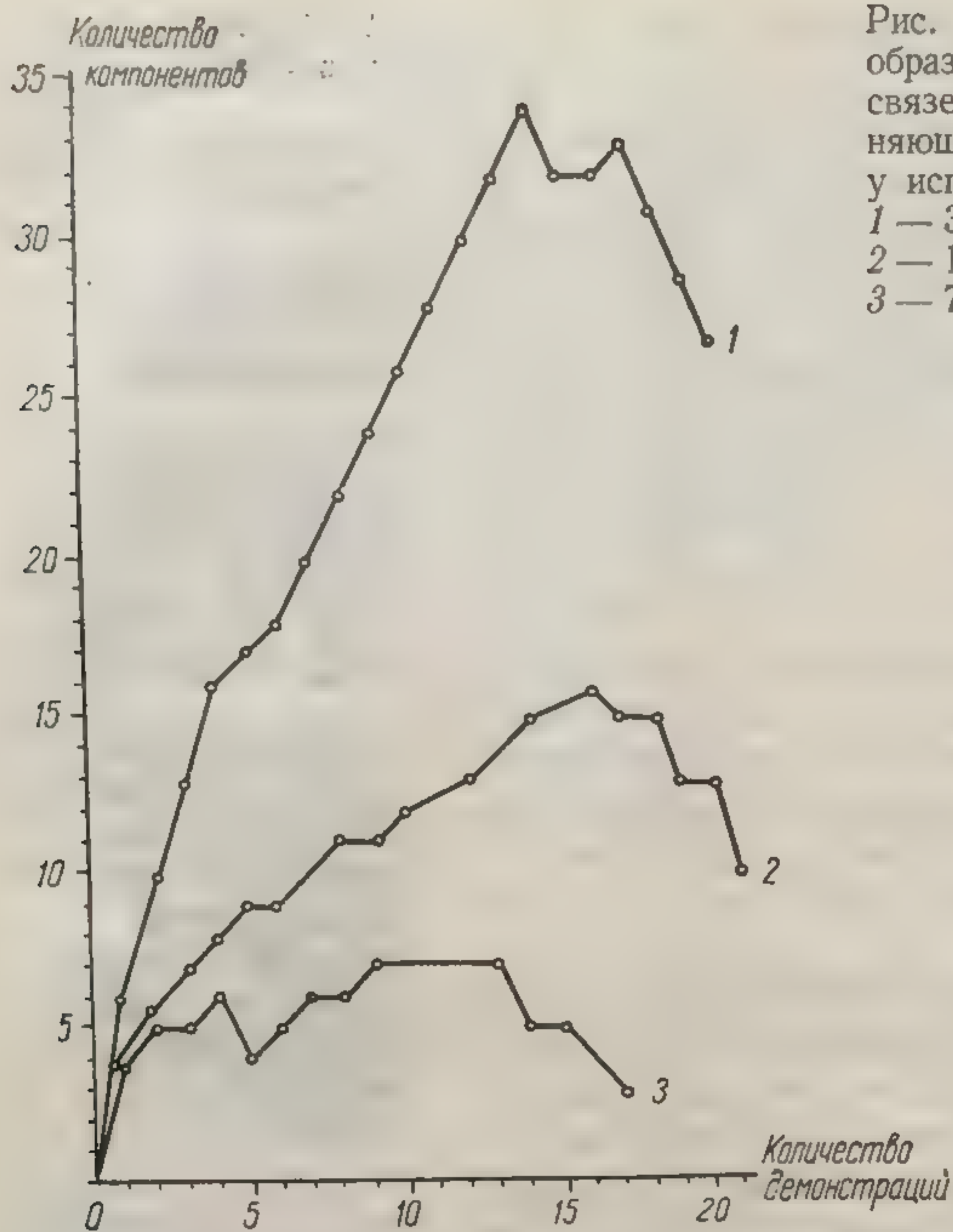


Рис. 15. Характерные кривые образования систем временных связей на постепенно усложняющийся сигнальный комплекс у испытуемых разных возрастов: 1 — 30-летнего испытуемого; 2 — 10-летнего испытуемого; 3 — 70-летнего испытуемого

еще два новых сигнала система начинает разрушаться, потому что часть заряда «творческого очага» используется для образования новых связей, но оставшегося заряда недостаточно, чтобы удержать в возбужденном состоянии образованные до этого связи.

Подводя итоги этой серии экспериментов, необходимо отметить, что при попытке освоить больше сигналов, чем это могут нервные образования в данный момент, наступает перегрузка коры головного мозга — образованные связи утрачиваются. У лиц со слабой нервной системой (у детей и стариков) такое явление наблюдается при образовании системы из 6—12 связей.

Но произошла ли перегрузка всей коры головного мозга или только тех ее нервных клеток, которые вовлечены в процесс формирования и удержания системы временных связей? Для получения ответа на этот вопрос была проведена новая серия опы-

тов. Мы хотели выявить, в какой степени скажется сильное утомление, развившееся при выработке одной системы на образование другой системы. Поэтому у 30-летних испытуемых сначала образовывали систему временных связей на 18-компонентный сигнальный комплекс, а затем продолжали ее наращивать, как и в предыдущих опытах, до тех пор, пока у испытуемых не наступало сильное утомление. Последнее выражалось исчезновением части сформированных связей. Другими словами, наступал первый момент перегрузки коры головного мозга. В это время мы без всякого перерыва приступали к формированию у испытуемых новой системы временных связей на 18-компонентный комплекс (таким же образом, как и предыдущей до момента наращивания). Это делалось с целью сравнения процессов образования двух одинаковых по сложности систем. Новая система на 18-компонентный сигнальный комплекс формировалась так же быстро, как и первая. Аналогичные явления отмечены у всех 7 испытуемых. Эта закономерность определялась у одного и того же испытуемого во время всех опытов над ним, продолжавшихся в течение нескольких недель.

Следовательно, развившееся сильное утомление во время формирования первой системы почти не сказывается на образовании новой системы, хотя ее начали формировать сразу же за первой, без перерыва. Это обусловлено тем, что возникает новый «творческий очаг». Благодаря таким свойствам головного мозга человек может быстро переключаться с одной работы на другую.

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА ЗАМЫКАТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИЮ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ «ДОЛГОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ»

Мы неоднократно изучали (1959, 1961, 1962) влияние тренировки нервной системы на формирование сложных систем временных связей у человека. В исследованиях было установлено, что под влиянием тренировки нервной системы резко увеличивается способность головного мозга формировать большее число временных связей за каждую демонстрацию сигнального комплекса. В результате образованные связи становятся более прочными, что положительно сказывается на освоении нового материала.

Здесь мы рассмотрим изменения замыкательной функции коры головного мозга у испытуемых различных возрастов под

влиянием продолжительной тренировки нервной системы, которые были исследованы у 45 школьников I, IV и VII классов. Эти тренировки сводились к ежедневной выработке двух или трех систем временных связей в течение 20 дней. Непременным условием опыта было применение сложных сигнальных комплексов, которые испытуемый мог освоить после 6—12 демонстраций. Одним из показателей влияния тренировки нервной системы на замыкательную функцию коры головного мозга является число сигналов, которое испытуемый может освоить за 10 демонстраций сигнального комплекса. Мы все время усложняли сигнальные комплексы, т. к. количество освоенных сигналов все время увеличивалось. Например, если в течение первых девяти демонстраций испытуемый осваивал сигнальный комплекс из 8—10 компонентов, то на десятый тренировочный день — из 18, а на двадцатый день — из 20—22 компонентов.

Результаты наших опытов представлены в таблице 6.

У всех обследованных нами учеников замыкательная функция коры головного мозга под влиянием тренировки повышалась. Правда, это повышение было неодинаковым у разных лиц даже одного и того же возраста. Поэтому мы всех детей одного возраста разделили на подгруппы в зависимости от скорости усиления замыкательной функции коры головного мозга. Необходимо отметить, что в каждой возрастной группе под влиянием тренировки нервной системы замыкательная функция повышается больше всего у тех испытуемых, у которых она была более развита до тренировки. Таким образом, существующие индивидуальные различия под влиянием 20-дневной тренировки нервной системы не сглаживаются, а выявляются более резко.

Если сравнить результаты опытов каждого испытуемого до и после тренировки, то можно обнаружить следующее: после 20-дневной тренировки нервной системы у всех испытуемых замыкательная функция коры повышается примерно на 111—130%. Необходимо отметить, что разницы в усилении замыкательной функции коры головного мозга школьников различного возраста не обнаружено. Как у семиклассников, так и у учеников четвертого и первого классов за период тренировки замыкательная функция коры повышалась одинаково.

В нашей лаборатории Л. А. Гуринович изучала влияние тренировки нервной системы на замыкательную функцию коры головного мозга у 27 испытуемых 50—80-летнего возраста, которые были преимущественно с начальным образованием. Тренировка заключалась в ежедневной выработке в течение 40 дней двух

Таблица 6
Число компонентов в сигнальном комплексе, которое испытуемые могли освоить в одном опыте в разные дни тренировки (начало применения более сложного сигнального комплекса обозначено более жирными цифрами)

Дни тренировки

Таблица 6

Число компонентов в сигнальном комплексе, которое испытуемые могли освоить в одном опыте в разные дни тренировки (начало применения более сложного сигнального комплекса обозначено более жирными цифрами)

Количество испытуемых	Дни тренировки																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

VII класс

4	10	12	14	14	16	16	16	18	18	18	18	20	20	20	20	20	22	22	22	22
5	10	12	14	14	14	16	16	16	16	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20
3	8	10	12	12	14	14	14	14	16	16	16	16	16	16	18	18	18	18	18	18
3	8	8	10	10	10	12	12	12	14	14	14	14	14	14	14	16	16	16	16	16

IV класс

5	8	10	12	12	14	14	14	16	16	16	16	16	16	16	18	18	18	18	18	18
4	8	8	10	10	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	16	16	16	16	16	16
3	6	6	8	8	8	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	14	14	14	14
3	6	6	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12

I класс

4	6	6	8	8	8	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12	14	14	14	14	14
5	5	6	6	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12
3	4	5	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10
3	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8

или трех систем временных связей. Методика опытов была примерно такой же, как и у нас при изучении замыкательной функции коры у школьников.

У всех испытуемых замыкательная функция коры к концу опыта значительно повышается. Из этого следует, что к концу тренировки они осваивают сигнальные комплексы со значительно большим числом компонентов, чем в начале. Правда, это увеличение не одинаково у разных людей, даже одного и того же возраста. Если у испытуемого Б-ва (53 лет) число осваиваемых компонентов очень быстро увеличивалось втрое, то у П-ва (54 лет) — значительно медленнее и только в два раза. У испытуемого М-ва (75 лет) число компонентов в некоторые периоды тренировки было таким же, как и у Г-о (68 лет). Быстрое увеличение числа осваиваемых компонентов сигнального комплекса наблюдалось преимущественно у более молодых людей из этой группы. Самой интенсивной была замыкательная функция коры головного мозга у испытуемых 50—55 лет, особенно в первые 15 дней тренировки. За каждые 5 дней опыта они осваивали сигнальный комплекс на 1—2 компонента больше предыдущего. К концу опыта количество освоенных компонентов сигнального комплекса у них увеличилось на 140%.

У испытуемых 60—65 лет повышение замыкательной функции коры головного мозга шло медленнее, чем у 50—55-летних — в среднем на 0,8 сигнала за каждые пять дней опыта. Интенсивнее всего сигнальные комплексы осваивались в первые 20 опытов. Во время следующих десяти опытов интенсивность освоения сигналов несколько снижалась, и только после тридцатого опыта она опять несколько повышалась. Количество освоенных сигнальных комплексов у них увеличивалось на 120% за 40 дней тренировки.

У 70—75-летних испытуемых количество осваиваемых компонентов увеличивалось в среднем за каждые пять дней на 0,6 сигнала. Таким оно оставалось примерно до двадцатого опыта, а затем несколько снизилось. К концу тренировки количество выработанных систем возросло на 90%.

Наиболее медленное увеличение числа осваиваемых сигналов — в среднем на 0,4 сигнала за 5 дней — отмечалось у испытуемых 76—80 лет. Значительно увеличивать число компонентов в сигнальном комплексе для них можно было только в первые 10 дней опыта. В течение следующих 20 дней опыта число компонентов оставалось прежним и лишь к концу тренировки — несколько увеличивалось.

В процессе тренировки нервной системы у этих испытуемых выявлены и другие закономерности изменения замыкательной функции коры головного мозга. В частности, было установлено отсутствие стабильности нервных процессов у стариков при освоении сигнальных комплексов в разные дни тренировки. По данным исследований, лишь у некоторых испытуемых, преимущественно у 50—60-летних, удавалось поддерживать постоянное число демонстраций сигнального комплекса в течение всей тренировки. Разница в числе демонстраций сигнального комплекса, необходимых для освоения одинаковой информации, была у них небольшой и быстро исчезала во время тренировки. У испытуемых старше 60 лет не было стабильности в процессах замыкательной функции коры головного мозга. Им для выработки систем одинаковой сложности каждый день приходилось подавать разное количество демонстраций сигнального комплекса. Эта разница в числе демонстраций исчезала лишь в самом конце тренировки.

Таким образом, у людей пожилого возраста с увеличением возраста не только снижается замыкательная функция коры головного мозга, но и увеличивается ее неустойчивость, выражаясь периодическим снижением. Тренировка нервной системы делает замыкательную функцию коры более устойчивой.

Нас также интересовало влияние многолетнего обучения на замыкательную функцию головного мозга. Опыты проводились в 1961—1962 годах на испытуемых 23—26 лет с высшим, средним и начальным образованием. В первые дни исследования у них вырабатывались системы временных связей на 4—6-компонентные сигнальные комплексы, которые затем все время увеличивались. Мы не обнаружили существенной разницы в освоении простых сигнальных комплексов (8—10 компонентов) между испытуемыми с высшим и средним образованием. Только испытуемым с начальным образованием нужно было значительно больше демонстраций сигнального комплекса, чтобы освоить эти компоненты. Более существенная разница между испытуемыми с разным образованием стала выявляться при освоении более сложных сигнальных комплексов. Так, 12- и 14-компонентные сигнальные комплексы наиболее быстро осваивали испытуемые с высшим образованием, в два раза медленнее — испытуемые со средним и втрое медленнее — испытуемые с начальным образованием. Притом у некоторых испытуемых последней группы в одном опыте не удалось выработать систему временных связей на 14-компонентный сигнальный комплекс. После 16—20 демон-

страций сигнального комплекса у них отмечалось состояние, которое бывает при перегрузке нервной системы.

Производственный труд также тренирует различные системы организма, в том числе и нервную систему. Нами (И. А. Кулак, Л. А. Гуринович, К. В. Василевская, В. А. Иосифова, 1966, 1967) на протяжении многих лет изучались изменения функций различных органов и систем организма рабочих под влиянием трудового процесса. Было замечено, что замыкательная функция коры головного мозга больше всего развита у людей умственного труда. Например, у корректоров и наборщиков типографии, телеграфисток, сортировщиц писем замыкательная функция коры головного мозга на 30—50% выше, чем у обрубщиков, очистников, формовщиков литейного цеха, ткачих. Замыкательная функция коры еще сильнее у людей, которым во время работы приходится запоминать большое количество материала. К ним относятся некоторые категории научных работников и педагогов.

Таким образом, благодаря труду совершенствуются функции организма, в частности те, которые больше всего участвуют в работе. Л. А. Гуринович (1967) в нашей лаборатории изучала изменения замыкательной функции коры головного мозга у стареющих людей (50—76 лет) с различным образованием. Хотя количество обследованных было невелико, особенно людей с высшим образованием, тем не менее полученные данные представляют интерес для анализа изучаемой функции в возрастном аспекте.

Исследования Л. А. Гуринович продолжались 10 дней, в течение которых она формировала у испытуемых системы временных связей нарастающей сложности. Каждый раз ею подбирались сигнальные комплексы такой сложности, чтобы испытуемые могли их освоить в течение 8—10 демонстраций. О замыкательной функции коры головного мозга она судила как и в предыдущих опытах по количеству освоенных испытуемым сигналов.

Различия в числе освоенных сигналов между испытуемыми с разным образованием наиболее четко проявились у 50—55-летних: более образованные осваивали больше сигналов. Однако статистически достоверная разница ($P=0,05$) была только между испытуемыми с начальным и высшим образованием. У испытуемых 60—65 лет различия в сложности образуемых систем проявляются между испытуемыми с начальным и средним образованием, с начальным и высшим. Но эти различия статистиче-

ски недостаточно достоверны. Что касается 70—75-летних, то у них между всеми тремя представленными группами обнаружены различия в данных замыкательной функции коры. После статистической обработки результатов опытов выяснилось, что достоверными являются различия в количестве освоенных сигналов только между людьми с начальным и высшим образованием ($P=0,02$). Следовательно, замыкательная функция коры головного мозга более сильная у людей с высшим образованием, которая с возрастом слабеет меньше, чем у людей со средним и начальным образованием.

Если тренировка нервной системы способствует повышению замыкательной функции головного мозга, то заболевание организма — ее снижению. Это было обнаружено при обследовании людей 60—76 лет, которые находились на диспансерном учете в поликлиниках. Опыту подвергались: 16 человек без выраженных нарушений каких-либо функций; 16 человек с признаками кардиосклероза и пневмосклероза и 16 человек с явлениями общего атеросклероза, кардиосклероза, пневмосклероза и склероза сосудов головного мозга.

Системы временных связей вырабатывались у всех испытуемых в течение 20 дней обычным путем. Через каждые 4—5 дней вырабатывались системы на более сложные сигнальные комплексы. Каждый раз сигнальные комплексы подбирались такой сложности, чтобы испытуемые могли их освоить в течение 8—10 демонстраций. Оказалось, что у испытуемых разных групп, но одного и того же возраста существуют различия. Больше всего компонентов осваивали здоровые испытуемые 60—64 лет ($14 \pm 1,6$). Испытуемые этого же возраста, но страдающие кардиосклерозом, пневмосклерозом, осваивали меньше компонентов, чем первые ($13,5 \pm 2,2$). Снижение числа освоенных компонентов было еще более заметно у испытуемых с клинически установленным общим атеросклерозом с преимущественным поражением сосудов головного мозга ($11,2 \pm 0,9$, $P=0,04$).

У здоровых обследованных 72—76 лет и больных кардиосклерозом не было обнаружено различий в данных избранных тестов. В то же время были отмечены значительные различия ($P=0,05$) в показателях здоровых и тех испытуемых, у которых отмечались явления общего атеросклероза с преимущественным поражением сосудов головного мозга.

Очень хорошо выявились различия по латентному периоду ответных реакций этих испытуемых: у больных общим атеросклерозом время ответных реакций было значительно длиннее,

чем у больных кардиосклерозом и пневмосклерозом и особенно здоровых людей.

Таким образом, одним из важных факторов, оказывающих влияние на замыкательную функцию коры головного мозга, является атеросклеротическое поражение сосудов. Это явление хорошо выявилось у людей с поражением сосудов головного мозга: у них заметно снижалась замыкательная функция коры головного мозга. У 60—70-летних больных количество освоенных сигналов снижалось на 20%, а у людей 72—76 лет — на 28% (различия статистически достоверны).

ВЛИЯНИЕ МНОГОЧАСОВОГО ТРУДА НА ЗАМЫКАТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИЮ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Многочасовой интенсивный трудовой процесс, как и процесс обучения, вызывает понижение функций коры головного мозга. Об этом свидетельствуют литературные данные, приведенные в начале книги.

Нами (И. А. Кулак и Л. А. Гуринович) в 1965 и 1966 году изучалось умственное утомление наборщиков и корректоров типографии. Мы попытались точно определить, насколько снижается каждая корковая функция из участвующих в умственном труде различной интенсивности, который продолжался всю смену.

Сначала мы охарактеризуем изменения замыкательной функции коры головного мозга при «краткосрочной памяти», отмеченные у 10 наборщиков и 7 корректоров в течение рабочей смены. У наборщиков через 30 минут от начала работы на десять 6-компонентных сигнальных комплексов образовалось 29,2 временные связи, а в конце рабочей смены на 10 новых 6-компонентных сигнальных комплексов возникало 26,1 временные связи. Следовательно, у наборщиков к концу рабочей смены формировалось на 3,1 временные связи меньше, т. е. меньше на 10,6%, чем в начале смены.

Если обратить внимание на индивидуальные показатели образования временных связей, то можно увидеть большие различия в степени снижения функций коры — от 16,9 до 6,6% (в среднем на 10,6%). Необходимо отметить, что после напряженного трудового дня, когда выполнялось 100—120% нормы, во всех случаях замыкательная функция коры головного мозга снижалась.

У выполняющих 80—100% нормы были получены другие данные. Так, в начале смены у 10 наборщиков образовывалось 26,9 временные связи, а в конце ее — 26,6 связи, т. е. лишь на 0,3 (1,1%) связи меньше. Но, судя по индивидуальным данным, только у половины рабочих к концу смены замыкательная функция коры снизилась, у трех рабочих она осталась прежней, а у двух — даже повысилась (по сравнению с данными, полученными в начале смены).

Таким образом, снижение замыкательной функции коры при «краткосрочной памяти» определялось у всех рабочих только после интенсивной работы к концу смены. После работы средней интенсивности снижение указанной функции выявлялось всего лишь у половины рабочих, а у остальных — она была прежней или даже повысилась.

Необходимо обратить внимание еще на следующее: в начале интенсивной работы у испытуемых формировалось в среднем 29,2 связи, а в начале работы средней интенсивности — 26,9. По-видимому, во время интенсивной работы «вырабатываемость» физиологических систем коры головного мозга наступает значительно быстрее, чем при работе средней интенсивности. Нужно иметь в виду, что свои исследования мы начинали не в самом начале работы, а спустя 30—40 минут, когда организм рабочего уже полностью включился в работу.

Замыкательная функция коры головного мозга в условиях «долгосрочной памяти» была изучена нами лучше всего, потому что она более сложная, чем замыкательная функция при «краткосрочной памяти». Чтобы лучше выявить изменения функций высших нервных образований во время работы, в опытах создается большая нагрузка на клетки коры головного мозга, чем при других видах корковой деятельности.

Сначала мы разберем результаты опытов, во время которых вырабатывались сложные системы временных связей на шестикратную демонстрацию постепенно усложняющегося сигнального комплекса. Сложность образованной системы определялась по числу компонентов сигнального комплекса, освоенных за этот период.

Если у десяти обследованных нами наборщиков в начале интенсивной работы на 6 демонстраций нарастающего сигнального комплекса формировалась система временных связей из 10,4 компонента, то в конце работы — из 8,3 компонента (т. е. на 2,1 компонента меньше, чем в начале работы). При работе средней интенсивности замыкательная функция коры головного моз-

га наборщиков к концу рабочей смены тоже снижается, только в значительно меньшей степени — на 0,8 связи. Если эти данные выразить в процентах, то получится, что замыкательная функция коры головного мозга наборщиков к концу смены снижается: при интенсивной работе — на 20%, а при работе средней интенсивности — на 10%.

Во время этих исследований также была обнаружена разная степень «включения» сложной замыкательной функции коры головного мозга в зависимости от интенсивности труда. Вследствие более быстрого усиления этой функции в начале интенсивной работы формировались системы из 10,4 компонента, в то время как в начале труда средней интенсивности — из 9,3 компонента.

Как следует из приведенных выше данных, при интенсивном труде в течение рабочего дня значительно снижаются замыкательные функции коры головного мозга. При выполнении работы средней интенсивности изменения замыкательных функций были небольшие и во многих случаях разнонаправленные.

При сопоставлении результатов исследований функций коры головного мозга выявилось следующее: замыкательная функция коры головного мозга больше всего снижалась к концу рабочей смены в условиях «долгосрочной памяти» и значительно меньше — в условиях «краткосрочной памяти».

Подобные данные получены у корректоров, которые обследовались в таких же условиях и по той же методике опытов. Наряду с этим при сопоставлении данных исследования наборщиков и корректоров обнаруживаются и некоторые различия. Первое, что бросилось в глаза, это более высокое развитие изучаемых функций у корректоров: у них образовывалось в среднем на 30% временных связей больше, чем у наборщиков. Безусловно, этому способствовало то обстоятельство, что все корректоры имели высшее, а наборщики — только среднее образование. При этом, сам труд корректоров более сложный. Поэтому и он способствовал усилению функций коры головного мозга.

При интенсивном труде у корректоров к концу работы сложная замыкательная функция коры головного мозга снижалась на 40–50% по сравнению с этой же функцией у наборщиков, в то же время изменения в простой замыкательной функции у них почти отсутствовали ($\pm 5\%$). Все это свидетельствует о том, что у корректоров во время работы используются преимущественно сложные функции коры головного мозга, а у наборщиков — более простые.

ИЗМЕНЕНИЯ ЗАМЫКАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ «ДОЛГОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ» В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТРУДОВОГО СТАЖА РАБОЧИХ И СЛОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ

Чтобы выяснить влияние интенсивности труда рабочих, имеющих разный производственный стаж и выполняющих работу различной сложности, на деятельность коры головного мозга, нами было проведено несколько серий опытов на наборщиках и корректорах типографии. Основным показателем этой деятельности были изменения сложной замыкательной функции коры головного мозга, которые, по нашим данным, наиболее заметны при утомлении.

Во всех случаях использовались сигнальные комплексы одинаковой величины, которые демонстрировались испытуемому до тех пор, пока у него не образуется полная система временных связей. Увеличение демонстраций сигнального комплекса для выработки системы временных связей свидетельствовало о снижении сложной замыкательной функции коры.

Исследования были проведены на 10 наборщиках, у которых в первой серии опытов определялись снижения сложной замыкательной функции коры головного мозга в зависимости от производственного стажа обследуемых.

У пяти наборщиков с большим трудовым стажем в начале интенсивной работы полная система временных связей образовалась в среднем после 8 демонстраций сигнального комплекса, а в конце работы — после 10 демонстраций, т. е. на две демонстрации больше, чем в начале работы.

Чтобы сформировать систему временных связей у пяти рабочих с малым трудовым стажем в конце интенсивной работы, пришлось демонстрировать сигнальный комплекс на 4 раза больше, чем в начале работы. Отсюда видно, что у рабочих с малым производственным стажем сложная замыкательная функция коры головного мозга к концу интенсивной работы снижается наполовину, тогда как у рабочих с большим трудовым стажем — только на 25%, т. е. в два раза меньше.

У всех наборщиков с малым трудовым стажем в конце работы средней интенсивности тоже отмечалось снижение сложной замыкательной функции коры головного мозга. Так, для выработки полной системы временных связей в конце рабочей смены понадобилось в среднем на 1,5 демонстрации больше, чем в на-

чале рабочей смены. Правда, это увеличение было в 2 раза меньше, чем в дни с большой трудовой нагрузкой. У наборщиков с большим производственным стажем во время работы средней интенсивности замыкательная функция коры головного мозга снизилась незначительно, и только у трех из них, у одного рабочего она осталась прежней и у одного — даже несколько повысилась. Следовательно, у этой категории рабочих труд средней интенсивности почти не влиял на сложную замыкательную функцию коры головного мозга.

Необходимо отметить, что сложная замыкательная функция заметнее снижалась у рабочих с малым производственным стажем, чем у рабочих с большим производственным стажем.

Во второй серии опытов мы попытались определить степень снижения сложной замыкательной функции коры головного мозга у корректоров типографии, выполнявших работу различной сложности, которая классифицировалась по разрядам. Обработка простого текста расценивалась как работа третьего разряда, обработка сложного текста — как работа четвертого разряда и очень сложного текста — как работа пятого разряда. Исследования проводились в те дни, когда у корректоров была большая загрузка.

У корректоров, выполнявших работу по третьему разряду, сложная замыкательная функция коры головного мозга к концу работы изменялась очень незначительно. Системы временных связей в начале работы у них образовывались после 7,4 демонстрации, а в конце работы — после 8,2 демонстрации, т. е. на 0,75 демонстрации больше. У выполнявших более сложную работу (по четвертому разряду) изменения функции определялись более отчетливо. Так, у них в начале работы для выработки полной системы временных связей требовалось 8,5 демонстрации сигнального комплекса, а в конце работы — 11,4 демонстрации, т. е. на 2,95 демонстрации больше, чем утром. Самые большие изменения сложной замыкательной функции коры головного мозга отмечались у корректоров, выполнявших наиболее сложную работу (по пятому разряду). У них в начале работы системы временных связей формировались после 9,3 демонстрации, а в конце работы — после 15,6 демонстрации, т. е. для образования систем одинаковой сложности в конце работы нужно было продемонстрировать сигнальные комплексы на 6,3 раза больше, чем в начале работы.

Если эти данные перевести в проценты, то получится, что сложная замыкательная функция коры головного мозга у кор-

ректоров к концу работы снижалась: при выполнении работы по третьему разряду — на 10%, при выполнении работы по четвертому разряду — на 36% и при выполнении работы по пятому разряду — на 67%.

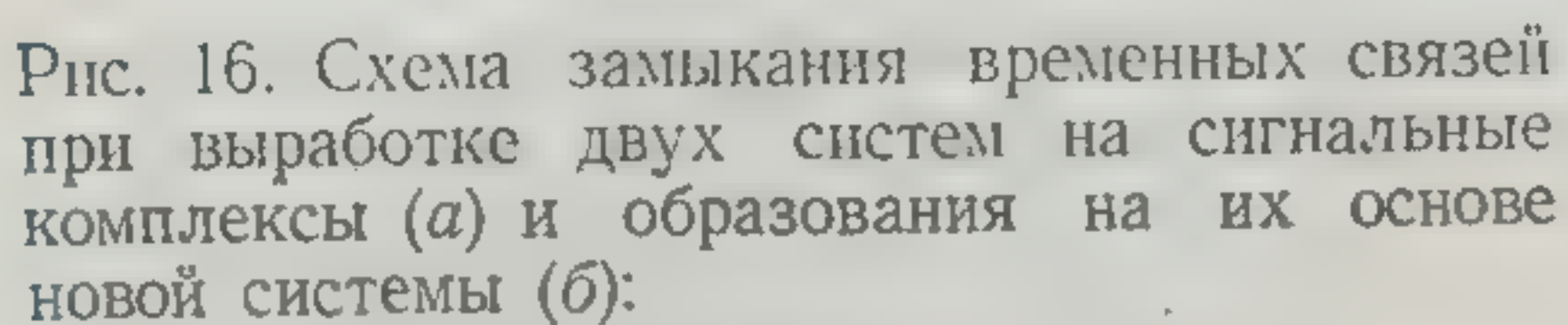
Как следует из приведенных выше фактов, величина снижения сложной замыкательной функции коры головного мозга за рабочую смену зависит как от трудового стажа человека, так и от сложности выполняемой им работы.

ЗАМЫКАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ОБРАЗОВАНИИ НОВЫХ СВЯЗЕЙ ИЗ ТОЛЬКО ЧТО СФОРМИРОВАННЫХ

Для полной характеристики замыкательной функции коры головного мозга необходимо проанализировать образование новых временных связей из только что сформированных в коре головного мозга. В данном случае речь идет о выработке новой информации на основе только что полученной. Этот вид замыкательной функции коры мы изучали с 1955 года. О результатах исследований мы сообщили в ряде статей (1957, 1958, 1961) и в монографии (1962). Здесь изложены лишь основные результаты этих исследований.

Для изучения этой замыкательной функции коры головного мозга был разработан специальный методический прием: сначала у испытуемого на демонстрируемые сигнальные комплексы вырабатывались одна за другой две системы временных связей, как только их информация начинала свободно проявляться, испытуемому предлагалось приступить к образованию новой системы на основе полученной информации. Для этого было необходимо информацию двух или трех освоенных комплексов объединить в один, чтобы их компоненты строго чередовались между собой. При этом сначала должны были возбудиться несколько временных связей одной системы, а затем — несколько связей другой системы, и каждый раз возбуждение новых временных связей зависело от их расположения в системе (см. рис. 16).

Во время такого опыта образованные временные связи должны возбуждаться в несколько другом порядке, чем они формировались под действием сигнального комплекса. Но для этого в коре нет готовой системы, поэтому она формируется заново. Многократные попытки испытуемого интегрировать информацию нескольких систем есть не что иное, как постепенное



втором случае образование системы временных связей идет иначе. Сначала системы временных связей возбуждаются так, что их информация проявляется только в мысленном представлении самого испытуемого. Он выбирает из нее необходимые компоненты, перестраивает их в своем воображении и воспроизводит движениями или словами. Между ними формируется новая система. Таким образом, отражающиеся в представлении испытуемого информации двух систем указывают путь «творческому очагу». В то же время благодаря им испытуемый может выполнить задание.

80

В образовании временных связей на демонстрируемый сигнальный комплекс и в создании временных связей на основе проявляющейся информации выработанных систем имеется как сходство, так и различие. Если в первом случае временные связи образуются в том порядке, как отражаются в коре головного мозга сигналы демонстрируемого комплекса (другими словами, сигналы как бы намечают путь движения возбуждения в коре головного мозга), то во

Третью п
зались неус
становления
точными, ч
мах, так и в
У испыт
ые времен
ли сигнала
Скорост
мо многом
ших класс
руют инфо
классов де
классов мо
ности, при
этих систе
было в со
сигнальны
монстраци
шали, но
зывает на
Возра
юванных
6 Зак. 1038

проявлялась. Благодаря этому у таких лиц быстро формировалась новая система. У других испытуемых вновь образованные временные связи были непрочными. Поэтому они не могли проявляться вне созданных систем. Чтобы у этих испытуемых информация отдельных временных связей проявлялась в требуемом порядке, такие связи необходимо было многократно подкреплять. Вследствие этого новая система формировалась очень медленно. Эта разница в скорости проявления временных связей позволила разделить всех испытуемых на 4 группы.

В первую группу вошли испытуемые, у которых сразу же формировались устойчивые системы временных связей. Информация, заключенная в отдельных временных связях, легко проявлялась и в системе, и вне ее.

Во вторую группу были включены испытуемые, у которых тоже сразу образовывались устойчивые системы временных связей, но сами временные связи вне системы долго не проявлялись. Чтобы временные связи легко проявлялись, испытуемым нужно было многократно демонстрировать сигнальный комплекс.

Третью группу составили испытуемые, у которых формировались неустойчивые системы. Только после многократного восстановления систем временные связи становились настолько прочными, что начинали легко проявляться как в самих системах, так и вне их.

У испытуемых четвертой группы тоже создавались непрочные временные связи, но, несмотря на многократные демонстрации сигналов, они долго не проявлялись в системе и вне ее.

Скорость образований новых систем из уже существующих во многом зависит от возраста испытуемых. Если ученики старших классов при формировании новой системы свободно оперируют информацией проявляющихся систем, то ученики младших классов делают это с большим трудом. Чтобы ученики младших классов могли оперировать информацией систем такой же сложности, приходилось дополнительно укреплять временные связи этих систем. Большинство учеников первого класса вообще не было в состоянии интегрировать информацию 6-компонентных сигнальных комплексов. У некоторых из них дополнительные демонстрации сигналов спустя некоторое время не только не улучшали, но даже затормаживали процесс интегрирования, что указывало на быструю истощаемость у них нервной системы.

Возрастом испытуемых были обусловлены и свойства образованных временных связей. У семиклассников, как правило,

сразу формировались прочные временные связи, информация которых проявлялась и в созданной системе, и вне ее, т. е. не в том порядке, в котором создавались. Такие временные связи можно было обнаружить только у некоторых учеников четвертого класса. У большинства из них временные связи были прочны настолько, чтобы проявиться лишь в системе. Чтобы эти связи могли проявляться вне системы, нужно было укрепить их. Ученикам первого класса необходимо было с самого начала многократное повторение сигналов, пока временные связи не станут настолько прочными, чтобы проявляться в системах. Но вне систем такие связи еще не могли проявляться. Для этого требовалось укрепить их путем дополнительных многократных демонстраций сигнальных комплексов.

У младших школьников прочность временных связей обусловлена их местом в созданной системе. При нарушении системы нарушалась структура ее компонентов. У старших школьников была более глубокая дифференциация временных связей в системе. Поэтому информация связей легко проявлялась в другом порядке, чем формировалась система.

Позднее мы начали изучать нервные процессы при формировании сложных систем временных связей у испытуемых 16—30 лет. В этих исследованиях у испытуемых, соответственно их возрасту, вырабатывались предельно сложные системы временных связей. Установлено, что шестнадцатилетние смогли интегрировать информацию уже из трех 8-компонентных систем, двадцатилетние — из трех систем по 10 компонентов, а тридцатилетние объединяли информацию из трех систем по 12 компонентов. Таким образом, общее количество интегрируемых компонентов при выполнении предельно сложной задачи составляет у семилетних 8—12, у шестнадцатилетних — 24 и у тридцатилетних — 36 компонентов.

Следовательно, чем старше были испытуемые, тем легче проявлялась информация в необходимом порядке, тем большей величины и сложности могли быть системы. Это свидетельствует о непрерывном совершенствовании нервной системы у человека по мере его роста и развития.

В свое время (1962) мы обратили внимание на особенности проявления образованных временных связей у людей с разными типами деятельности коры головного мозга. Тогда мы пришли к выводу, что есть два типа проявления информации временных связей.

Первый тип — когда информация временных связей проявля-

ется в движениях или словах испытуемого. Возбуждение из коры головного мозга передается на периферические звенья двигательного анализатора, и мускулатура сокращается. Экспериментатору легко следить за процессами в коре головного мозга, так как движения отражают последовательность возбуждения временных связей и легко регистрируются.

Второй тип — когда освоенная информация мысленно представляется испытуемым. Этот процесс почти не подлежит прямому исследованию экспериментатором. Только в некоторых случаях о нем можно косвенно судить по записи биопотенциалов мышц и головного мозга. Он требует более высокой организации нервной деятельности. Возбуждение центральных звеньев рефлекторной цепи при одновременном торможении периферических может быть только при высокой «концентрации» возбуждения в коре головного мозга. Поэтому не случайно, что детям младшего возраста со слабыми тормозными процессами трудно мысленно представить движения. С каждым годом тормозной процесс в коре головного мозга усиливается и им легче выполнять такие задания. Следовательно, второй тип проявления информации временных связей постепенно формируется у человека, высшая нервная деятельность качественно изменяется, лучше реагирует на быстро меняющиеся условия внешней среды. Формирование новых связей из образованных наступает только тогда, когда второй тип проявления информации достигает большого развития.

Эта замыкательная функция коры головного мозга наиболее сложная. Умственная деятельность по этому типу быстро снижается вследствие того, что имеющаяся нервная энергия расходуется на: 1) возбуждение еще непрочных связей уже созданных систем, 2) образование новой системы временных связей из уже созданных систем и 3) удержание в возбужденном состоянии вновь сформированной системы.

У трудящихся к концу рабочей смены замыкательная функция коры головного мозга на основе вновь образованных связей снижается на 20—40% больше, чем замыкательная функция на сигнальный комплекс.

Если замыкательная функция коры головного мозга развивается не на вновь образованных, а на прочных связях, то новая система образуется так же, как формируется система на сигналы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейчас мы не только в состоянии определить влияние различных видов умственной деятельности на утомление, но и можем немного понять сам механизм утомления благодаря исследованию умственной деятельности с точки зрения скорости расходования нервной энергии и скорости ее восстановления нервными образованиями, участвующими в процессе умственной деятельности.

К наиболее утомительной работе относится создание новых понятий из только что освоенной информации. Речь идет о формировании новой системы временных связей из только что образованных систем, когда нервная энергия расходуется на возбуждение недавно образованных и еще непрочных систем, на создание новых связей и на удержание в возбужденном состоянии вновь сформированной системы. Притом для каждой функции требуется большой заряд «творческого очага».

При таком виде умственной деятельности взрослый человек в состоянии в течение 30 минут освоить информацию 12—24 сигналов, не более. За этот срок работоспособность головного мозга снижается на 70—90%.

Освоение сложной информации сигнального комплекса также быстро вызывает сильное утомление, но в меньшей степени, чем предыдущий вид умственной деятельности. Быстрое падение работоспособности мозга отмечается в тех случаях, когда осваиваемая информация в 3—4 раза превышает заряд «творческого очага», когда испытуемый не в состоянии сразу воспринять весь сигнальный комплекс и поэтому вынужден осваивать его по частям. Человеку необходимо удерживать в памяти освоенную часть комплекса, чтобы к ней добавлять все новые компоненты. Он может освоить в течение 30 минут 14—30 сигналов. Заряд «творческого очага» расходуется на образование новых связей и на удержание в возбужденном состоянии уже созданных. Для каждой из этих функций необходим большой нервный заряд. В течение 30 минут замыкательная функция по скорости приобретения информации снижается на 60—80%.

К малоутомительной работе относится освоение информации коротких сигнальных комплексов. Количество компонентов в таких комплексах для взрослого человека не должно быть больше 5—6, т. е. не должно превышать непосредственный объем нервного заряда «творческого очага». Тогда испытуемый в течение 30 минут перерабатывает информацию 400—600 сигналов.

При этом замыкательная функция коры головного мозга снижается не более чем на 5—10%.

Если сравним между собой два последних вида умственной деятельности по количеству образованных новых связей, то заметим, что у человека в условиях «краткосрочной памяти» свободно образуются одна за другой сотни маленьких систем различной информации. При каждой демонстрации сигнального комплекса осваивается информация 4—6 сигналов, а за 30-минутный опыт — информация 400—600 сигналов. В то же время при формировании одной 20-компонентной системы в условиях «долгосрочной памяти» у взрослого человека может образоваться 4—6 новых связей только при одной-двух демонстрациях сигнального комплекса, а дальше связей образуется все меньше и меньше. Число их настолько быстро снижается, что после 4—6 демонстраций сигнального комплекса добавляется 1—2 связи. Более того, иногда на новые сигналы у испытуемого не только не образуются новые связи, но и частично исчезают уже созданные. В течение 30 минут он в состоянии освоить 14—30 сигналов. Все это свидетельствует о том, что такой вид деятельности головного мозга приводит к более быстрому утомлению.

Эта разница в замыкательных функциях коры головного мозга объясняется следующим. Новые временные связи образуются на фоне возбуждения уже созданных связей. На возбуждение последних уходит большая часть заряда «творческого очага», поскольку вновь образованные связи очень непрочны. Когда же создается много связей, на их возбуждение используется весь заряд, для формирования новых связей его не хватает. Поэтому формирование новой системы временами задерживается. Как только связи закрепятся, на их возбуждение начинает расходоваться меньше заряда и образуются новые связи. При умственной деятельности в условиях «краткосрочной памяти» нет необходимости в возбуждении уже созданных связей, поэтому весь заряд «творческого очага» используется только на образование новых связей. В таком случае не требуется создание прочных связей, которые после однократного воспроизведения испытываться больше не нужны. Эта умственная деятельность является малоутомительной и очень продуктивной — образуется много новых связей.

Все виды замыкательной функции коры головного мозга изменяются с ростом и развитием человека. Наиболее интенсивно эти функции развиваются до 16—18 лет, затем до 30—35 лет интенсивность развития несколько уменьшается и после 35 лет —

начинает снижаться более заметно. При этом каждый вид замыкательной функции изменяется по-разному. Замыкательная функция коры головного мозга в условиях «краткосрочной памяти» у испытуемых с 10 до 20 лет повышается в среднем на 40%, в то время как замыкательная функция в условиях «долгосрочной памяти» повышается более чем на 100%. В первом случае повышение функции было обусловлено изменением заряда «творческого очага», во втором — рациональным использованием заряда «творческого очага» на удержание в возбужденном состоянии образованных связей и на формирование новых связей.

Еще большая разница в интенсивности формирования новых временных связей из вновь образованных отмечается с 10 до 20 лет, она повышается в 2—3 раза. Взрослый человек более свободно, чем дети, создает новые понятия на основе вновь образованных. У него более рационально используются различные функции и более эффективно расходуется на них заряд «творческого очага».

Таким образом, со временем у человека совершенствуются все виды замыкательной функции коры головного мозга, более высокое развитие получают его сложные функции. Это обусловлено тем, что человек постепенно переходит на более сложные виды умственной деятельности. Если дети, главным образом, осваивают новый материал, то взрослые, в первую очередь, создают новые понятия на основе уже освоенного материала.

В период старения больше всего ослабляются сложные корковые функции коры головного мозга и в меньшей степени — простые. У стариков умственная деятельность главным образом основана на прочно образованных системах — для этого требуется меньше энергии «творческого очага».

У каждого человека в процессе труда или обучения проходит ряд изменений в функционировании работающих систем. Сперва наступает так называемый период вработываемости, затем — период устойчивой работоспособности, а позднее, вследствие развития утомления, — период снижения работоспособности лиц, занимающихся умственным трудом, к концу рабочего дня замыкательная функция коры головного мозга значительно снижается. Больше всего (на 20—60%) снижаются сложные замыкательные функции и меньше — простые (на 10—30%).

Многолетний умственный труд, обучение положительно влияют на замыкательную функцию коры головного мозга людей различного возраста, больше всего — молодых. Если у них за

20 дней тренировки замыкательная функция коры головного мозга повышается на 100—120%, то у испытуемых 60—65 лет — она повышается на 70—80%, а у испытуемых 70—75 лет — лишь на 50—60%. Под влиянием тренировки не только увеличивается скорость замыкания новых связей, но и повышается прочность уже образованных.

У стареющих людей умственного труда замыкательная функция понижается медленнее, чем у людей физического труда. Эта функция у первых на 50—100% выше, чем у последних.

У лиц с выраженным поражением сосудов головного мозга замыкательная функция коры на 20—28% ниже, чем у здоровых испытуемых. Новые связи у больных не только медленнее образуются, но они и менее устойчивы.

Глава четвертая

СЛИЧИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

Наряду с замыкательной функцией в создании новой и освоении готовой информации участвует другая — сличительная — функция коры головного мозга. Последняя обеспечивает сличение полученной информации с информацией образованных связей.

Термин «сличительная функция» предложен нами. Мы считаем, что он лучше других обозначает функцию сличения, т. е. сопоставление полученных информаций. Благодаря сличительной функции мозга мы узнаем ранее виденные предметы и действия. По этой причине в психологии данная функция именуется «узнаванием». Сличительная функция не сводится к функции узнавания, т. к. последняя является одной из составных элементов сличения.

ПРОЯВЛЕНИЯ СЛИЧИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ПЕРИОД ОСВОЕНИЯ КОРОТКИХ СИГНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Исследователями, особенно психологами, описано много методов изучения функции узнавания ранее виденных предметов и действий. Давно созданы методы помощи (Н. Ebbinghaus, 1885, 1902), «узнавания» (Болдуин, Шоу, 1895; А. Н. Бернштейн, 1911) и «реконструкции» (Мюнстерберг, Бигхем, 1894; Гембл, 1909). Позже появились модификации этих методов, подробно описанных в «Экспериментальной психологии» Р. Вудвортса (1950) и в других литературных источниках. Нами также было разработано несколько методических приемов изучения сличительной функции коры головного мозга. С этой целью была использована та же аппаратура, что и для изучения замыкательной функции мозга.

Создавая методики опытов, направленных на исследование сличительной функции коры головного мозга, мы исходили из того, что за какой-то срок человек может освоить только определенное количество информации, т. к. заряд «творческого очага» обеспечивает образование не более пяти-шести новых связей при одном предъявлении сигнального комплекса. Испытуемому предлагалось осваивать один за другим несколько небольших сигнальных комплексов. После демонстрации сигнального комплекса испытуемый воспроизводил освоенную информацию. В одном опыте использовалось много сигнальных комплексов. По ответным реакциям устанавливалось количество образовавшихся связей. Так, испытуемый Р-о (см. рис. 17, а) в одних случаях осваивал все сигналы 7-компонентного комплекса, а в других — только часть их. Это значит, что при демонстрации сигнальных комплексов у него образовывалось разное число связей.

Разберем это явление подробнее, потому что оно имеет большое значение для этих исследований. При анализе результатов 100 опытов, в которых каждому из 100 испытуемых 18—20 лет, предлагалось освоить 10 следующих друг за другом сигнальных комплексов, выяснилось, что в 84,3% случаев испытуемые осваивали разное количество компонентов, только в 6,2% случаев они могли освоить подряд два полных комплекса и лишь в 0,4% случаев — три полных комплекса. Это явление было обусловлено тем, что сигнальные комплексы составлялись из семи сигналов с расчетом на то, что испытуемый не сможет полностью их освоить несколько раз подряд. При изучении сличительной функции коры головного мозга оно всегда в этих опытах соблюдалось.

Сличительная функция коры головного мозга взрослых испытуемых лучше всего определялась в опытах, которые отличались от предыдущих тем, что все четные сигнальные комплексы содержали одну и ту же информацию, а нечетные — различную. По количеству образованных временных связей на четные комплексы мы судили о степени использования освоенной информации предыдущих четных комплексов для освоения последующих. Число временных связей, формирующихся на нечетные сигнальные комплексы, было для нас своего рода контролем. Результат одного из таких опытов, в котором испытуемому Ж-в демонстрировалось 22 сигнальных комплекса, представлен в таблице 7.

Из двадцати двух ответных реакций испытуемого обработке подвергались только 20, поскольку первый (нечетный) комплекс

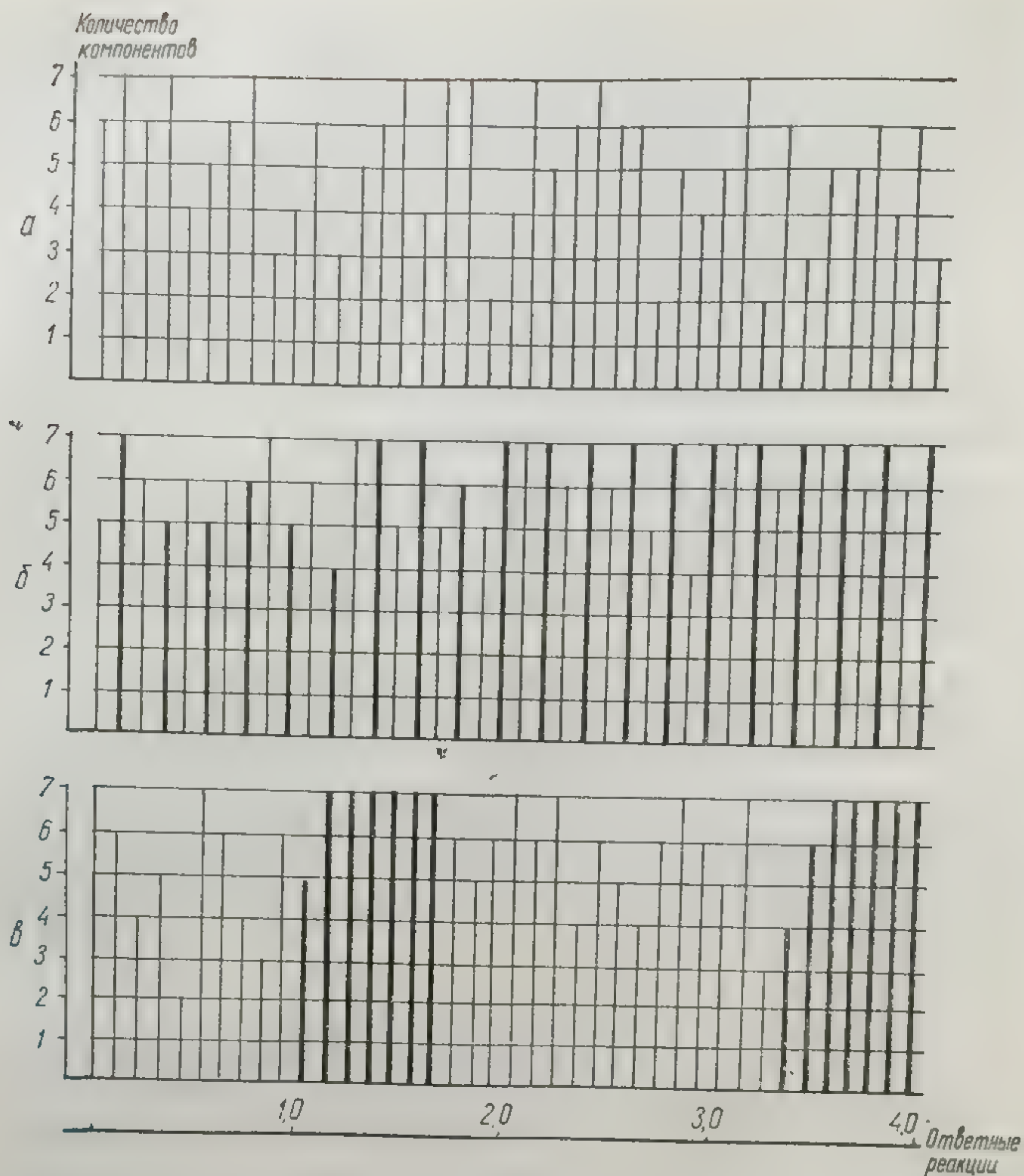


Рис. 17. Образование временных связей у испытуемого Р-о при освоении различных 7-компонентных сигнальных комплексов (а) и при чередовании с одинаковыми комплексами (б и в). Жирными линиями обозначены ответные реакции на одинаковые комплексы.

был контролем для второго (четного) комплекса, который демонстрировался впервые и ничем не отличался от нечетных. На четные сигнальные комплексы у Ж-в образовалось на 14 временных связей больше, чем на нечетные,— благодаря использованию информации от уже освоенных комплексов.

Исследованиями, проведенными на 100 испытуемых 18—22 лет, было установлено, что у 70 из них в первом опыте обнару-

Таблица 7

Образование новых связей
у испытуемого Ж-в на 7-компонентные сигнальные комплексы
с различной (нечетные комплексы) и одинаковой (четные) информацией *

№ сигналь- ного ком- плекса	Сигнальные комплексы	Ответные реакции испытуемого	Количество образо- вавшихся связей	
			нечетных	четных
3	О Ю А У Ы А Ю	о ю а у о ы	4	—
4	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у а	—	4
5	У Е О А Ы Е О	у е о а ы е	6	—
6	А Ы Е У О Ы Е	а ю е у о ы	—	5
7	У О Ы А Ю У А	у о ы а ю у а	7	—
8	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
9	О Ю А О Ы А Ю	о ю а о ю	4	—
10	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
11	У Е О А Ы Е У	у е о а ы у е	7	—
12	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
13	Е Ю Ы О А Е У	е у ы о	3	—
14	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
15	Ю О Ы Е А Ю О	ю о ы е а у ю	5	—
16	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
17	У А Ы Ю А О Ю	у а ы ю а у ю	6	—
18	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
19	О У Е Ю Ы А У	о ы е у ы	3	—
20	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
21	Ы Е А У Е О Ы	ы о а у е о ы	6	—
22	А Ы Е У О Ы Е	а ы е у о ы е	—	7
Всего . . .			51	65

* Полужирными буквами отмечены реакции, не соответствующие информации
сигнального комплекса.

жились участие сличительной функции в освоении сигнальных комплексов. Причем 10 испытуемых освоили четных сигнальных комплексов на 35,2%, 13 — на 22,6%, 21 — на 15% и 26 — на 10% больше, чем нечетных. У остальных испытуемых существенной разницы в количестве освоенных компонентов четных и нечетных сигнальных комплексов не обнаружено.

Необходимо обратить внимание на начало действия сличительной функции коры головного мозга в процессе приобретения информации. У одних оно наступало раньше, у других — позже. Если у Ж-в сличительная функция головного мозга вступила в действие очень быстро, то у Д-в — значительно медленнее. Были и такие испытуемые, у которых сличительная функция коры головного мозга проявилась только в самом конце опыта. Некоторые из них вошли в число 30% испытуемых с почти одинаковым количеством связей, образованных на четные и нечетные сигнальные комплексы. Повторными опытами было установлено: если в первом опыте сличительная функция коры головного мозга не проявлялась, то в дальнейшем она вступала в действие.

Чтобы быстро определить интенсивность сличительной функции коры головного мозга в разные периоды умственной деятельности, мы попытались создать такую методику опытов, когда можно было бы судить о сличительной функции коры головного мозга по результатам ответов на несколько демонстраций сигнального комплекса. Вскоре она была разработана. В новых опытах делалось все то же, что и в предыдущих, по временам несколько раз подряд демонстрировался один и тот же сигнальный комплекс. Первые десять демонстраций подавались сигнальные комплексы различной информации, затем семь раз показывался один и тот же сигнальный комплекс, с 18-й по 33-ю демонстрацию — различные сигнальные комплексы, а с 34-й по 40-ю демонстрацию — один и тот же комплекс. Так, дважды в течение опыта на протяжении освоения 40 сигнальных комплексов применялись пробы сличительной функции коры головного мозга.

Обычно на первые 10 сигнальных комплексов, с различной информацией, образовалось разное количество связей (см. рис. 17, а). Начиная со второй демонстрации при семикратном повторении одного и того же сигнального комплекса испытуемый все время правильно воспроизводил информацию всех 7 компонентов комплекса. То же отмечалось и во время 34—40 демонстраций. В этих случаях для освоения новых сигналов

использовалась информация, полученная при предыдущих демонстрациях.

Аналогичные данные были получены у всех шести испытуемых с той лишь разницей, что у одних сличительная функция проявлялась раньше (при втором повторении), а у других — несколько позже (при третьем-четвертом повторении одного и того же сигнального комплекса).

Итак, новая информация приобретается благодаря замыкательной и сличительной функциям коры головного мозга. Поскольку приобретение новой информации идет частично за счет использования уже имеющейся — более экономно начинает работать мозг.

После того как был найден хороший способ быстрого выявления сличительной функции коры головного мозга, мы приступили к изучению влияния различных факторов на интенсивность этой функции. В первую очередь мы проследили изменение сличительной функции коры головного мозга во время длительной умственной работы — освоение нового материала. Для этого испытуемым один за другим демонстрировались 7-компонентные сигнальные комплексы. В одном опыте демонстрировалось 90 таких комплексов, из них 75 — только один раз. Три сигнальных комплекса подавались 5 раз подряд: первый — с 11-й по 15-ю демонстрацию, второй — с 45-й по 49-ю и третий — с 80-й по 84-ю демонстрацию. Таким образом, удавалось проследить за участием сличительной функции коры головного мозга в течение длительной умственной работы. У испытуемого Г-а в начале и в середине опыта полностью проявилась сличительная функция коры головного мозга. При повторениях одного и того же сигнального комплекса как при первой, так и при второй пробе он воспроизводил информацию всех семи компонентов сигнального комплекса (см. рис. 18, а). Во время третьей пробы при каждой новой демонстрации сигнального комплекса Г-а осваивал его заново. Об этом можно судить по разному количеству освоенных компонентов сигнального комплекса. Итак, испытуемый использовал полученную информацию для освоения нового сигнального комплекса только в начале и середине опыта.

У испытуемого К-ч новая информация осваивалась благодаря сличительной функции только при первой пробе (см. рис. 18, б). При второй и третьей пробах эта функция не проявлялась. Повторяющийся сигнальный комплекс каждый раз К-ч осваивал заново.

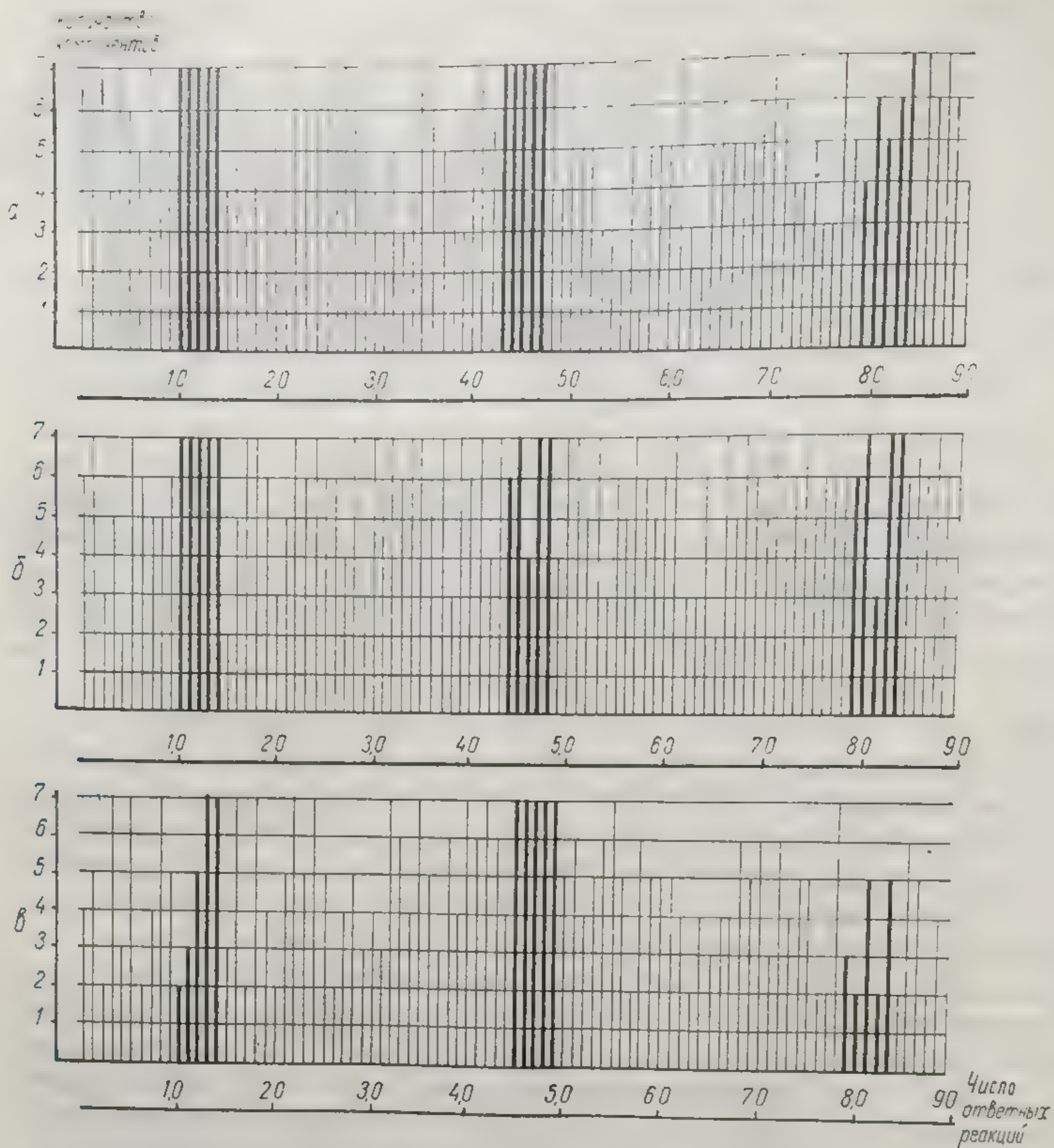


Рис. 18. Образование временных связей у испытуемых Г-а (а), К-ч (б) и Ж-о (в) на короткие сигнальные комплексы. Обозначения те же, что и на рис. 17.

Следовательно, при утомлении у испытуемого К-ч сличительная функция коры головного мозга прекращается раньше, чем у испытуемого Г-а.

У некоторых испытуемых сличительная функция коры проявлялась только во время повышенной работоспособности, например, у испытуемого Ж-о — только в середине опыта

(см. рис. 18, в). Ее не удавалось выявить ни в начале, ни в конце опыта. Наибольшее количество освоенных компонентов сигнальных комплексов приходилось примерно на 30—60-ю демонстрацию, т. е. в этот период у испытуемого отмечалась самая высокая работоспособность. Именно в это время и проявлялась сличительная функция коры головного мозга.

Значит, у одних испытуемых сличительная функция коры головного мозга способствует приобретению информации в начале опыта, когда отсутствует всякое утомление, у других же — только к середине опыта — в период повышенной работоспособности.

Сличительная функция менее устойчива, чем замыкательная: если к демонстрации 90-го сигнального комплекса замыкательная функция мало снижалась, то сличительная функция у большинства испытуемых полностью прекращалась. Итак, до сих пор остается неясным, до какой степени снижается сличительная функция коры головного мозга при наступлении утомления?

Для получения ответа на возникший вопрос была проведена еще одна серия опытов. Каждому из шести испытуемых демонстрировали один за другим 80 разных сигнальных комплексов, которые он должен был освоить. Затем одни и те же сигналы повторялись до тех пор, пока испытуемый не начинал воспроизводить информацию всего сигнального комплекса. Это делалось с целью заставить действовать сличительную функцию мозга.

Чтобы во время утомления сличительная функция коры головного мозга начала действовать, для разных испытуемых требовалось разное количество повторений одного и того же сигнального комплекса. У одних она проявлялась после пяти-шести повторений сигнального комплекса, а у других — после девяти-четырнадцати. У некоторых испытуемых сличительная функция очень быстро прекращалась. Она могла снова проявиться только в специальной обстановке.

Нами также было проведено изучение изменений сличительной функции коры головного мозга под влиянием утомления у наборщиков типографии непосредственно на производстве. Для этого определялась активность сличительной функции коры головного мозга при освоении нового материала в начале и в конце рабочей смены. Испытуемый осваивал 6-компонентные сигнальные комплексы с различной (нечетные комплексы) и одинаковой (четные комплексы) информацией. В таком опыте определялась разница в количестве образовавшихся связей на

10 нечетных и на 10 четных сигнальных комплексов. Чем больше создавалось связей на четные сигнальные комплексы, тем более активной была сличительная функция коры головного мозга.

В начале рабочей смены при интенсивном труде на 10 нечетных сигнальных комплексов образовалось в среднем 28,7 связи, а на 10 четных сигнальных комплексов — 34,9 связи, т. е. благодаря сличительной функции коры головного мозга сформировалось еще 6,2 связи. В конце рабочей смены на нечетные сигнальные комплексы образовалось 26,0, а на четные комплексы — 29,3 связи, или на 3,3 связи больше. Следовательно, сличительная функция к концу напряженного рабочего дня снижалась на 53%.

В начале смены сличительная функция коры головного мозга способствовала образованию временных связей почти у всех рабочих, а в конце смены — только у 7 из 10 испытуемых. У 3 рабочих сличительная функция к концу смены вовсе не проявлялась.

В начале работы средней интенсивности на нечетные и четные сигнальные комплексы формировалось соответственно 27,2 и 31,1 связи (т. е. благодаря сличительной функции создавалось в среднем 3,9 связи), а в конце работы — образовалось соответственно 26,7 и 29,6 связи (в среднем 2,9 связи). Таким образом, сличительная функция коры головного мозга к концу работы изменилась только на 30%.

При напряженном труде у испытуемых значительно снижалась сличительная функция коры головного мозга (в 80% случаев), при работе средней интенсивности — это снижение было менее значительным (только в 60% случаев), а в остальных случаях сличительная функция оставалась без изменений или повышалась.

Так какой же нервный механизм выключает сличительную функцию коры головного мозга при снижении работоспособности нервной системы? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо снова проследить за расходом заряда «творческого очага».

В начале работы, пока нет утомления и быстро восстанавливается заряд «творческого очага», хорошо проявляются замыкательная и сличительная функции коры головного мозга. Когда развивается утомление и заряд «творческого очага» восстанавливается неполностью, возникает дефицит в энергии. В этих случаях в какой-то степени продолжает обеспечиваться энергией только замыкательная функция, а сличительная функция

...механизм.
...функция —
...то обстоя-
...вать демо-
...изговари-
...комплекса.
...этому явлен-
...что слич-
...информа-
...принимае-
...чтобы он-
...творческого
...привести
...образова-
...мацию с и-
...са. Замыка-
...может г-
...очага», пос-
...сформир-
...Вполне воз-
...функции
...фактора

прекращается, потому что замыкательная функция коры при данной работе является ведущей, доминирующей, а сличительная функция — второстепенной. Вероятно, этому способствовало и то обстоятельство, что испытуемый получал инструкцию осваивать демонстрируемые сигнальные комплексы, но ему ничего не говорилось о периодическом повторении одного и того же комплекса.

Этому явлению можно дать и другое объяснение. Если считать, что сличительная функция проявляется в результате обмена информацией между только что выработанными связями и воспринимаемым сигнальным комплексом, то трудно представить, чтобы она могла развиваться при небольшом заряде «творческого очага». Главное назначение функции — одновременно привести в возбужденное состояние как можно больше вновь образованных связей, чтобы можно было сличить их информацию с информацией воспринимаемого сигнального комплекса. Замыкательная функция в условиях «краткосрочной памяти» может проявляться и при небольшом заряде «творческого очага», поскольку не требует одновременного возбуждения вновь сформированных временных связей.

Вполне возможно, что более раннее прекращение сличительной функции коры головного мозга обусловлено обоими описанными факторами.

**ПРОЯВЛЕНИЯ СЛИЧИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ
КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ ЧЕРЕЗ ПЕРВУЮ И ВТОРУЮ
СИГНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

В специальных исследованиях сотрудников лаборатории А. Г. Иванова-Смоленского изучалась динамическая передача условной реакции из первой сигнальной системы во вторую. Так, О. П. Капустник (1930) отметила, что условный рефлекс, выработанный на зеленый свет, вызывался словом, обозначающим данный раздражитель («зеленый огонек», «цветок»). В дальнейшем сотрудниками этой лаборатории было установлено, что таким же образом происходит динамическая передача тормозных условных реакций из первой сигнальной системы во вторую (Н. Н. Трауготт, 1934; Э. П. Смоленская, 1934).

Для изучения взаимодействия сигнальных систем они использовали словесный отчет испытуемого о воспринимаемых им раздражителях. Этим способом, который впервые был применен Л. И. Котляревским (1934), удастся вербализировать условные реакции первой сигнальной системы.

В результате проведенных исследований А. Г. Ивановым-Смоленским была создана теория о динамической передаче условных реакций из первой сигнальной системы во вторую, основанная на представлении об избирательной иррадиации как раздражительного, так и тормозного процесса.

Понятие «динамическая передача» некоторые физиологи (М. М. Кольцова) считают не совсем удачным. Объяснение механизма этого явления, предложенное А. Г. Ивановым-Смоленским и его сотрудниками, также вызывает возражения, поскольку оно является скорее описательным, чем конкретно-физиологическим (М. Р. Могенович, 1959, и другие).

Разработанный в лаборатории А. Г. Иванова-Смоленского способ изучения динамической передачи условной реакции из первой сигнальной системы во вторую оказался пригодным для обследования детей 7—11 лет и малоприемлемым — для детей старшего возраста и взрослых. Подростки и взрослые благодаря высокой дифференциации раздражителей выполняют условия опыта. Они могут реагировать на включение зеленой лампы и не реагировать на слова «зеленый свет» лишь по той причине, что это не предусмотрено инструкцией опыта, а не по-

тому, что у них отсутствует условная связь между восприятием света и словами «зеленый свет».

С другой стороны, методика А. Г. Иванова-Смоленского, с помощью которой получены основные данные о взаимодействии ростков и взрослых вследствие частого «необразования» у них временных связей. На это обстоятельство указывал сам А. Г. Иванов-Смоленский (1933) и другие исследователи (Ю. А. Поворинский, 1954; Н. А. Рокотова, 1954, и другие).

Таким образом, этот метод не может быть использован вследствие его ограниченного применения. Второй же метод слишком субъективен, т. к. сводится к опросу испытуемого. По нашему мнению, он может использоваться только как вспомогательный метод. Таким образом, указанные эти приемы далеко не обеспечивают изучения динамической передачи временных связей из первой сигнальной системы во вторую.

Учитывая недостатки существующих методик исследования и сложность изучения взаимного влияния систем временных связей, образуемых через разные рецепторные образования, мы разработали метод определения взаимодействия информации воспринимаемого сигнального комплекса с уже образованными временными связями (1959, 1961, 1962).

У испытуемого сначала вырабатывалась система временных связей на световой сигнальный комплекс, затем создавалась новая система на словесный сигнальный комплекс, который содержал ту же информацию. Получалось так, дважды образовывались системы временных связей на сигнальные комплексы с одной и той же информацией, только в первом случае формирование системы шло через первую сигнальную систему, а во втором — через вторую. Если испытуемый после первой демонстрации словесного сигнального комплекса полностью воспроизводил систему, образованную на световой комплекс, то это указывало на обобщение информации временных связей, которые были созданы через первую и вторую сигнальные системы. Когда же у испытуемого приходилось заново вырабатывать систему на словесный сигнальный комплекс, это свидетельствовало об отсутствии передачи информации из первой сигнальной системы во вторую. Таким образом, скорость образования системы на словесный сигнальный комплекс после формирования системы на такой же световой комплекс была показателем обобщения информации из созданных систем.

Мы применяли сигнальные комплексы такой сложности, что-

бы системы образовывались на них не раньше 5—10-й демонстрации. Только при формировании сложных систем временных связей можно было выявить обобщение информации. Если же применять простые сигнальные комплексы, у испытуемого уже после первой их демонстрации создается система. Поэтому трудно установить, в результате чего она образовалась: вследствие переключения информации с другой системы или под действием нового сигнального комплекса.

Системы временных связей формировались у 16-летних школьников при демонстрации им сигнального комплекса через четыре сигнальных плафона. В ответ испытуемые попеременно нажимали указательным пальцем на четыре клавиша регистрирующего устройства.

В первый день опыта, после ознакомления испытуемых с экспериментальной установкой и условиями опыта, у них создавали 2—3 системы временных связей на 8-компонентные световые сигнальные комплексы. На второй день уже образовывали системы на 10-компонентные сигнальные комплексы. После этого испытуемым сообщали, что сигнальные плафоны (и соответственно им — клавиши) условно нумеруются, и формировали у них систему на 8-компонентный сигнальный комплекс, демонстрируемый словами. Для этого экспериментатор называл в разном порядке номера клавишей. Прослушав номера, испытуемые по сигналу (звонок) воспроизводили их. На третий день у испытуемых сначала создавали систему временных связей на словесный сигнальный комплекс, а затем — новую, отличную от первой системы — на световой сигнальный комплекс. За эти три дня опытов испытуемые хорошо усваивали условия опытов и приобретали навык правильно ударять по клавишам регистрирующей системы.

На четвертый день у испытуемых сначала формировали систему временных связей на световой 14-компонентный сигнальный комплекс, а через 30 секунд — новую систему на такой же по информации сигнальный комплекс, только демонстрируемый словами. В следующие два дня у них создавали системы временных связей на словесный и световой сигнальные комплексы, различные по информации. На седьмой день вторично определяли передачу информации. Для этого формировали систему временных связей на 18-компонентный сигнальный комплекс, сначала демонстрируемый светом, а затем — словами. Потом опять два дня образовывали системы на световой и словесный сигнальные комплексы различной информации. На десятый

день в третий раз устанавливали передачу информации, образуя систему временных связей на 20-компонентный сигнальный комплекс, демонстрируемый сначала светом, а затем — словами.

Таким образом, в течение десяти дней у испытуемых формировали системы временных связей на сигнальные комплексы нарастающей сложности. Сигнальные комплексы одинаковой сложности были бы для испытуемых в первые дни опыта очень трудными, а в последние дни — очень легкими.

Периодическое формирование систем временных связей на световой и словесный сигнальные комплексы различной информации заставляет испытуемых детально анализировать каждый сигнальный комплекс.

Трое испытуемых после образования системы временных связей на световой сигнальный комплекс восприняли словесный сигнальный комплекс как знакомый и после первой демонстрации правильно воспроизвели его информацию. Так у них повторялось во время 4, 7 и 10-го опытов, в которых выявлялось обобщение информации. Остальные четверо испытуемых восприняли словесный сигнальный комплекс как новый, несмотря на то, что по информации он был таким же, как и световой. У них на этот комплекс система временных связей формировалась заново. При этом у трех из них обобщение информации систем, образованных через разные сигнальные системы, проявилось только в третьем опыте. Словесный сигнальный комплекс был воспринят ими как знакомый и после первой же демонстрации правильно воспроизведен. Диаграммы этих опытов, отражающие три характерных явления, которые были выявлены во время исследования, см. на рисунке 19.

На диаграмме *a* видно, что после образования у испытуемого Б-а системы временных связей на световой сигнальный комплекс, словесный комплекс с той же информацией воспринимался как новый. На него пришлось заново формировать систему временных связей. Создание второй системы временных связей ничем не отличалось от образования первой системы: обе системы формировались постепенно, по мере демонстрации сигнальных комплексов. После восьмой демонстрации сигнального комплекса они становились полными. Временные связи, образованные во время демонстраций светового сигнального комплекса, при формировании второй системы на словесный сигнальный комплекс не использовались. Это свидетельствует о том, что у Б-а информация, поступающая в мозг через разные сигнальные системы, не обобщается.

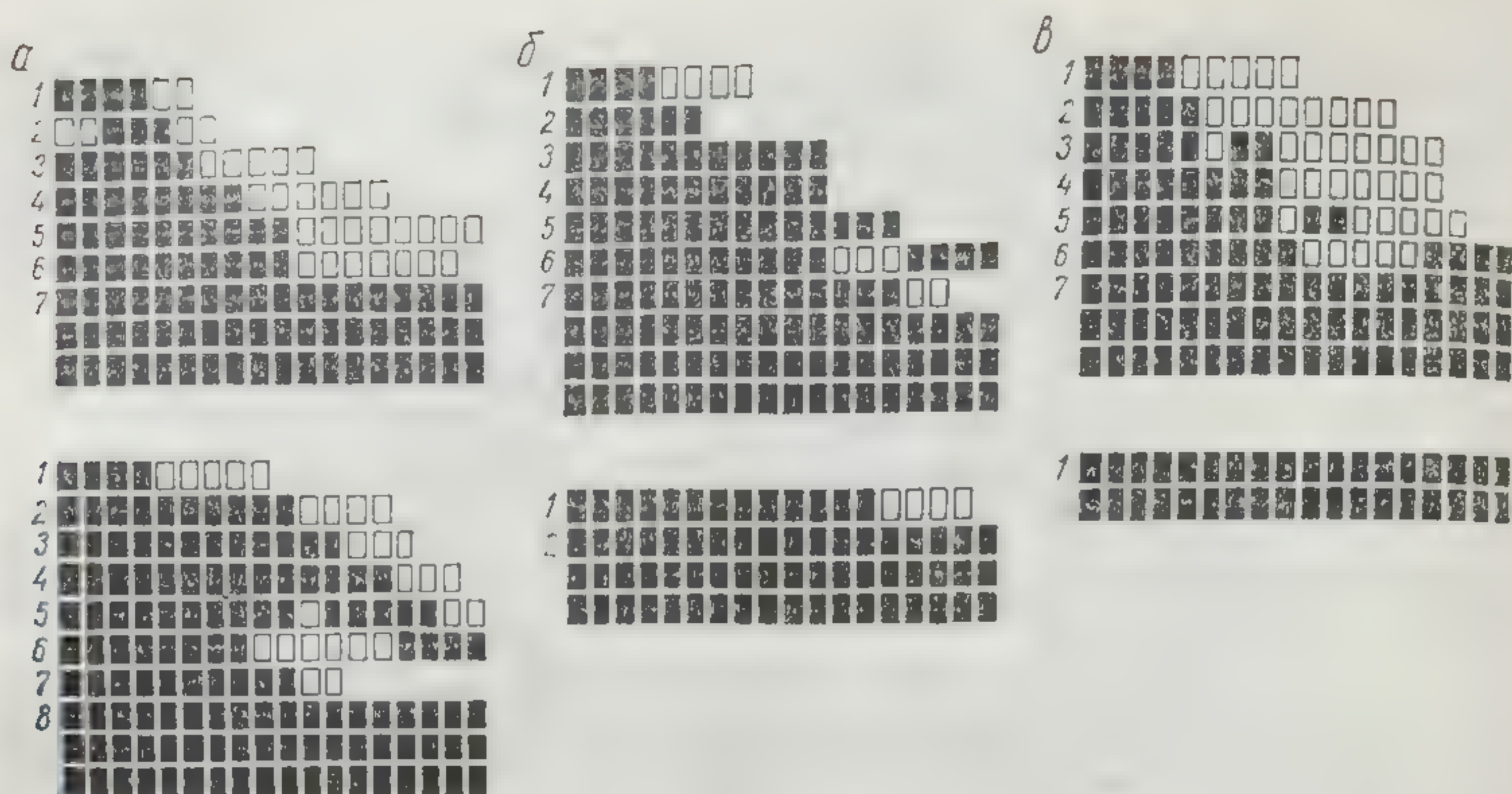


Рис. 19. Образование системы временных связей на сигнальный комплекс, демонстрируемый вначале световыми (верхний столбец), а затем — словесными сигналами (нижний столбец) у испытуемых Б-а (а), С-в (б) и Д-в (в). Каждый черный прямоугольник обозначает правильный ответ на один из компонентов, каждый белый прямоугольник — неправильный ответ.

У С-ва после формирования первой системы временных связей на световой сигнальный комплекс вторая система на словесный сигнальный комплекс значительно быстрее образовывалась: если для создания первой системы понадобилось 8 демонстраций сигнального комплекса, то для полного проявления второй системы временных связей — всего лишь две. Система временных связей на словесный сигнальный комплекс могла так быстро образоваться только благодаря использованию информации системы временных связей, которая была сформирована через первую сигнальную систему. Однако испытуемый не отметил тождественности структур светового и словесного сигнальных комплексов.

Д-в после создания системы на световой сигнальный комплекс словесный комплекс воспринял как знакомый. Он сразу же правильно воспроизвел систему и отметил идентичность структур светового и словесного сигнальных комплексов. Следовательно, у него наиболее полно обобщалась информация, поступающая через первую и вторую сигнальные системы.

Таким образом, у испытуемых информация систем времен-

ных связей, образованных через разные сигнальные системы, обобщалась и не обобщалась.

В дальнейшем мы изучили влияние различных условий на обмен информации между системами временных связей, формирующихся через разные сигнальные системы. Сначала было выяснено влияние предварительной инструкции эксперимента на передачу информации из первой сигнальной системы во вторую. Для этого было обследовано две группы учеников VIII класса по пять человек каждая.

У испытуемых первой группы в течение четырех дней создавали системы временных связей только на световой сигнальный комплекс. О том, что сигнальные плафоны и расположенные напротив них клавиши могут нумероваться, ученики узнали перед пятым опытом. После этого у них стали формировать системы временных связей на словесные сигнальные комплексы с той же информацией, что и световые комплексы. Затем было проведено еще 5—7 опытов, в которых определялось обобщение информации систем временных связей, образованных через первую и вторую сигнальные системы.

Испытуемые второй группы в первом же опыте познакомились с цифровой нумерацией сигнальных плафонов. Затем у них образовывались системы временных связей сперва на словесный, а потом — на световой сигнальный комплекс. Во втором, седьмом и десятом опытах исследовался процесс обобщения информации, полученной через первую и вторую сигнальные системы. Во время промежуточных опытов у школьников формировались системы временных связей на световые и словесные сигнальные комплексы различной информации.

Таким образом, у испытуемых второй группы сразу же создавали системы временных связей и на световой, и на словесный сигнальные комплексы, в то время как у школьников первой группы — лишь с пятого опыта.

У большинства испытуемых первой группы в первом опыте по изучению передачи информации, полученных через первую и вторую сигнальные системы (т. е. пятом от начала исследования опыта), обобщения информации систем временных связей не наступило. У них отмечалось постепенное усиление функции обобщения информации: у одних школьников — в первом или втором, у других — в третьем или четвертом опытах.

У четырех из пяти испытуемых второй группы информация сразу же обобщалась и затем обобщалась во все дни опыта. У пятого испытуемого обобщение информации шло постепенно.

Она полностью обобщилась в третьем опыте (т. е. седьмом опыте от начала исследования).

Однако у Д-ча из первой группы информация обобщилась уже в первом опыте, а у К-на из второй группы обобщение долго не наступало. У этих испытуемых были крайние типы передачи информации из первой сигнальной системы во вторую. Для Д-ча характерна повышенная, а для К-на — пониженная функция обмена информацией временных связей, образованных через разные сигнальные системы.

Таким образом, скорость обмена информацией, полученной через разные сигнальные системы, в значительной степени зависит от условий опытов. Медленная передача информации из первой сигнальной системы во вторую у испытуемых первой группы была обусловлена повышенной возбудимостью первой сигнальной системы вследствие образования в начале исследования нескольких систем временных связей на световые сигнальные комплексы. В это время (до пятого опыта) вторая сигнальная система не могла быть доминирующей. В дальнейшем, по мере более частого применения словесных комплексов, роль второй сигнальной системы увеличивалась. Чем раньше применялись словесные комплексы, тем быстрее передавалась информация из первой сигнальной системы во вторую. Полное обобщение информации произошло при непосредственном участии второй сигнальной системы. Тогда испытуемые отметили идентичность информации светового и словесного сигнальных комплексов.

Быстрая передача информации из первой сигнальной системы во вторую у испытуемых второй группы была обусловлена тем, что у них с первого же опыта в формировании систем приняла непосредственное участие наряду с первой вторая сигнальная система. Так как последняя реактивнее первой, то в этих опытах она стала ведущей. Это и способствовало передаче информации во вторую сигнальную систему.

Затем мы стали изучать факторы, которые ускоряли обобщение информации. Исследованию подверглись четыре ученика VIII класса, у которых во время отборочного опыта не было отмечено передачи информации из одной сигнальной системы в другую. У них ежедневно формировалось по две системы временных связей на световые сигнальные комплексы. С каждым опытом системы усложнялись так, что уже на шестой день у школьников образовывались системы временных связей на 20-компонентные сигнальные комплексы. С этого времени в

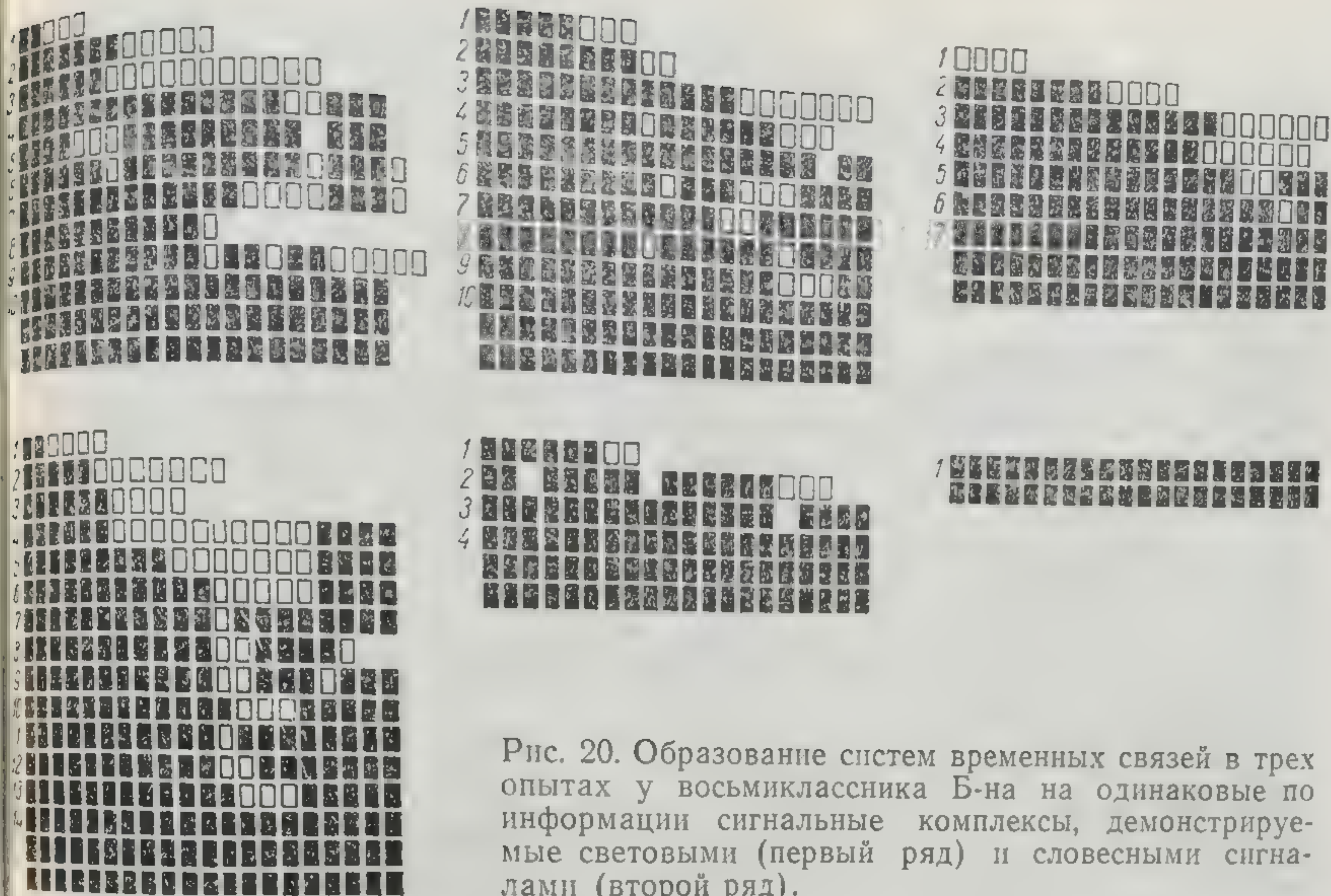


Рис. 20. Образование систем временных связей в трех опытах у восьмиклассника Б-на на одинаковые по информации сигнальные комплексы, демонстрируемые световыми (первый ряд) и словесными сигналами (второй ряд).

каждом опыте мы начали формировать у них сначала систему временных связей на световой, а затем — на словесный сигнальный комплекс, содержащий ту же информацию, что и световой. У двух испытуемых опыт на этом и заканчивался. Характерные результаты опытов представлены диаграммами Б-на на рисунке 20. У него после образования системы на световой сигнальный комплекс система на такой же словесный сигнальный комплекс формировалась заново. Значит, не было никакой передачи информации временных связей из первой сигнальной системы во вторую. В очередном опыте на следующий день произошел частичный обмен информацией, так как система временных связей на словесный сигнальный комплекс образовалась значительно быстрее, чем на световой. В последнем опыте передача информации из первой сигнальной системы во вторую была полной, т. е. образованная система на световой сигнальный комплекс после первой демонстрации словесного сигнального комплекса сразу же проявилась.

У двух других испытуемых в одном опыте после формирования системы временных связей на словесный сигнальный комплекс приступали к образованию системы на световой комплекс,

затем — на словесный, опять световой и так несколько раз подряд. Демонстрации сигнальных комплексов повторяли до тех пор, пока испытуемые не начинали отмечать их идентичности по информации.

У них было отмечено обобщение информации временных связей в первом опыте, но для этого пришлось несколько раз заново образовывать системы временных связей на световой и словесный сигнальные комплексы. Две одинаковые по структуре системы испытуемые воспроизводили как различные лишь потому, что одна из них была образована на словесный, а другая — на световой сигнальный комплекс. Они не замечали сходства информации воспроизводимых комплексов. После многократного проявления систем временных связей у них внезапно обобщалась информация, приобретенная через разные сигнальные системы. В этот момент испытуемый сразу же замечал, что комплексы одинаковые.

Одинаковые системы временных связей без обмена информацией проявлялись в течение нескольких дней. Например, у испытуемого С-на была образована система временных связей на световой сигнальный комплекс, потом сформировалась вторая система на идентичный сигнальный комплекс, но демонстрируемый словами. Через два дня на задание экспериментатора выполнить комплексы испытуемый воспроизводил информацию двух различных систем. В начале и в конце одной из них, образованной на световой сигнальный комплекс, проявлялась неадекватная информация. Конец другой системы, образованной на словесный сигнальный комплекс, испытуемый не воспроизводил. Следовательно, между системами не было обмена информацией. Мы снова начали формировать у этого испытуемого системы временных связей сначала на световой, а затем — на словесный сигнальный комплекс. Несмотря на быстрое образование, системы оставались разными, хотя и с одинаковой информацией. Только при повторном их проявлении испытуемый заметил сходство сигнальных комплексов. Еще через два дня он правильно воспроизвел информацию систем и указал на их полную тождественность.

Таким образом, у некоторых испытуемых образованные через разные сигнальные системы две одинаковые системы временных связей долго существовали как различными и обособленными. Только многократное воспроизведение этих двух систем приводило к обобщению информации их временных связей.

Быстрота обобщения информации систем временных связей, сформированных через различные сигнальные системы, зависит от числа проявлений этих связей. Если в каждом опыте обе системы проявлялись один раз, то обмен информацией между ними наступает через несколько опытов. Если же проявления систем многократны, то обобщение информацией между ними выявляется в том же опыте.

Несмотря на то, что вся информация временных связей передается из одной сигнальной системы в другую внезапно, сразу, этому моменту предшествует подготовительный период. У одних он длится несколько дней, а у других — несколько часов (время одного опыта). Полное обобщение информации систем временных связей наступало в момент обнаружения испытуемым их сходства. До этого, как правило, происходит частичный обмен информацией, когда система временных связей на словесный сигнальный комплекс образуется в два-три раза быстрее, чем на световой. Частичный обмен информацией в большинстве случаев испытуемыми не осознается.

Аналогичные исследования были проведены Л. А. Гуринович на 11 пожилых людях и стариках (50—77 лет). Схема проведения опытов была такой же, как и у молодых испытуемых. Только у них вследствие возрастных изменений высшей нервной деятельности приходилось формировать более простые системы временных связей. Характерные результаты таких опытов см. на рисунке 21.

Как видно на диаграмме а, первая система временных связей у В-ва образовалась после восьми демонстраций светового сигнального комплекса, а вторая система на такой же словесный сигнальный комплекс сформировалась в два раза быстрее. В следующем же опыте после образования системы на световой комплекс система временных связей на словесный была правильно воспроизведена сразу же после первой демонстрации. Испытуемый указал на тождественность сигнальных комплексов. Все это свидетельствует о том, что для образования второй системы временных связей используется информация первой системы.

У испытуемого Ш-ва (см. диаграмму б) первая система временных связей сформировалась после пяти демонстраций светового сигнального комплекса. Для образования второй системы на такой же словесный сигнальный комплекс потребовалось большее число демонстраций — вторая система формировалась заново.

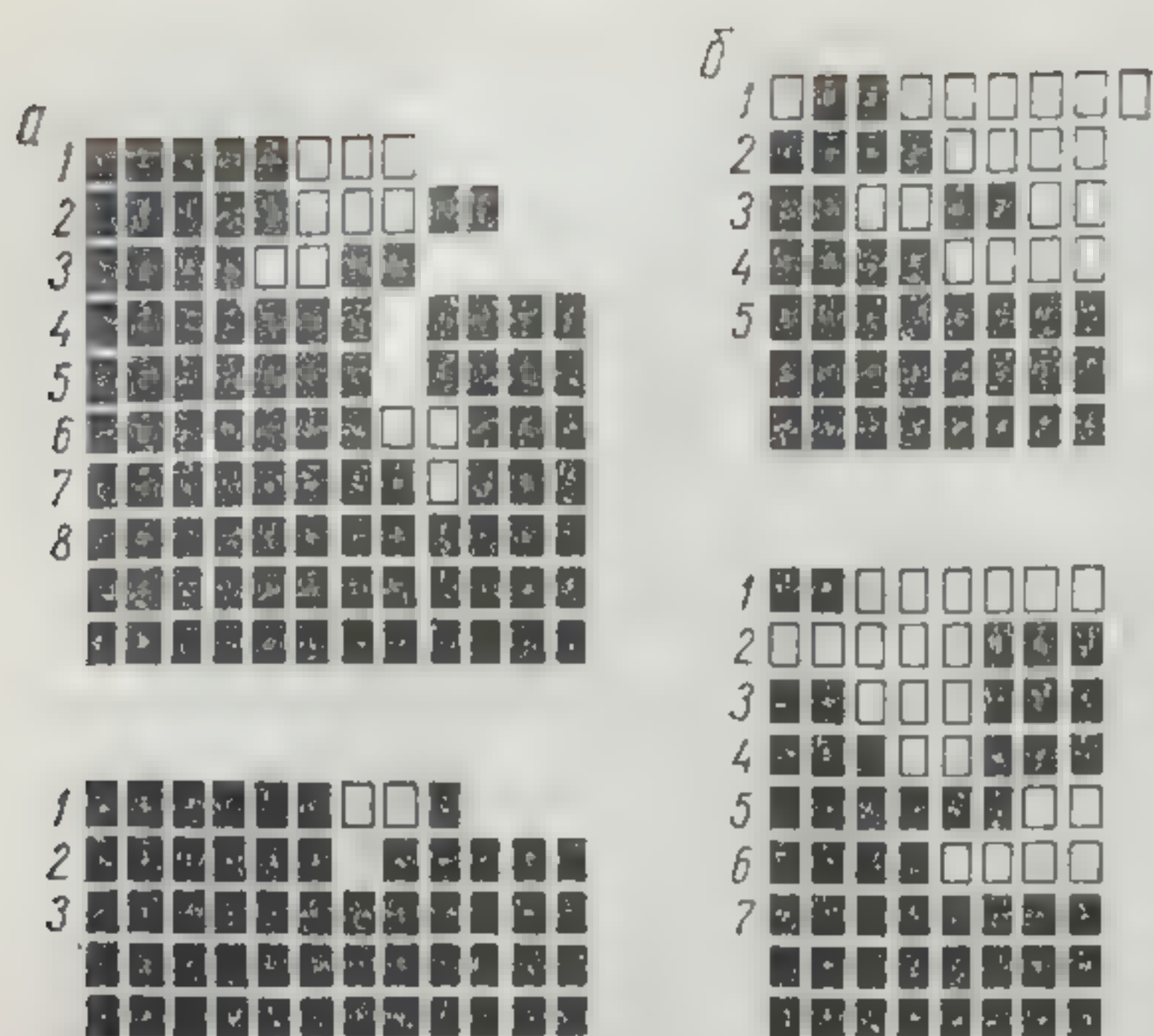


Рис. 21. Образование систем временных связей у испытуемых В-в, 50 лет (а), и Ш-в, 73 лет (б), на сигнальный комплекс, демонстрируемый светом (первый ряд) и словами (второй ряд).

вания второй системы нужно было столько же или даже больше демонстраций сигнального комплекса, сколько и для формирования первой системы. У некоторых испытуемых иногда отмечалось более быстрое формирование второй системы. Например, у Ф-на, 72 лет, в первом опыте система временных связей образовалась после шести демонстраций светового сигнального комплекса, а на такой же словесный сигнальный комплекс — после двух демонстраций. В 13-м опыте вторая система также сформировалась быстрее, чем первая. Подобные явления были обнаружены еще у двух испытуемых. Нужно отметить, что в большинстве случаев испытуемые не указывали на сходство сигнальных комплексов.

Таким образом, у первых четырех человек пожилого возраста было полное или частичное обобщение информации двух систем временных связей, образованных через разные сигнальные системы, а у семи испытуемых (стариков) — лишь частичное обобщение информации.

Еще лучше раскрывается взаимное влияние временных связей, образованных через первую и вторую сигнальные системы, при исследовании латентного периода ответных реакций этих испытуемых. Наиболее типичные диаграммы опытов двух из них представлены на рисунке 22.

У четырех человек из одиннадцати обследованных Л. А. Гуринович в большинстве случаев с первых же опытов обобщалась информация световых и словесных сигнальных комплексов: вторая система правильно воспроизводилась в большинстве опытов после первой же демонстрации сигнального комплекса, тогда как первая система проявлялась полностью после 5—10 демонстраций. Испытуемые во всех опытах, как правило, указывали на тождественность структур светового и словесного сигнальных комплексов.

У семи человек (главным образом, стариков) для образо-

Рис. 22. Сигнальные комплексы (второй ряд) Обозна

Как вид...
ентов вто...
комплекса...
полного о...
за первым...
зал на т...
комплекс...
мировалас...
стемы.
Средне...
ны у Ш-в...
проявлени...
вания. Да...
ища в ск...

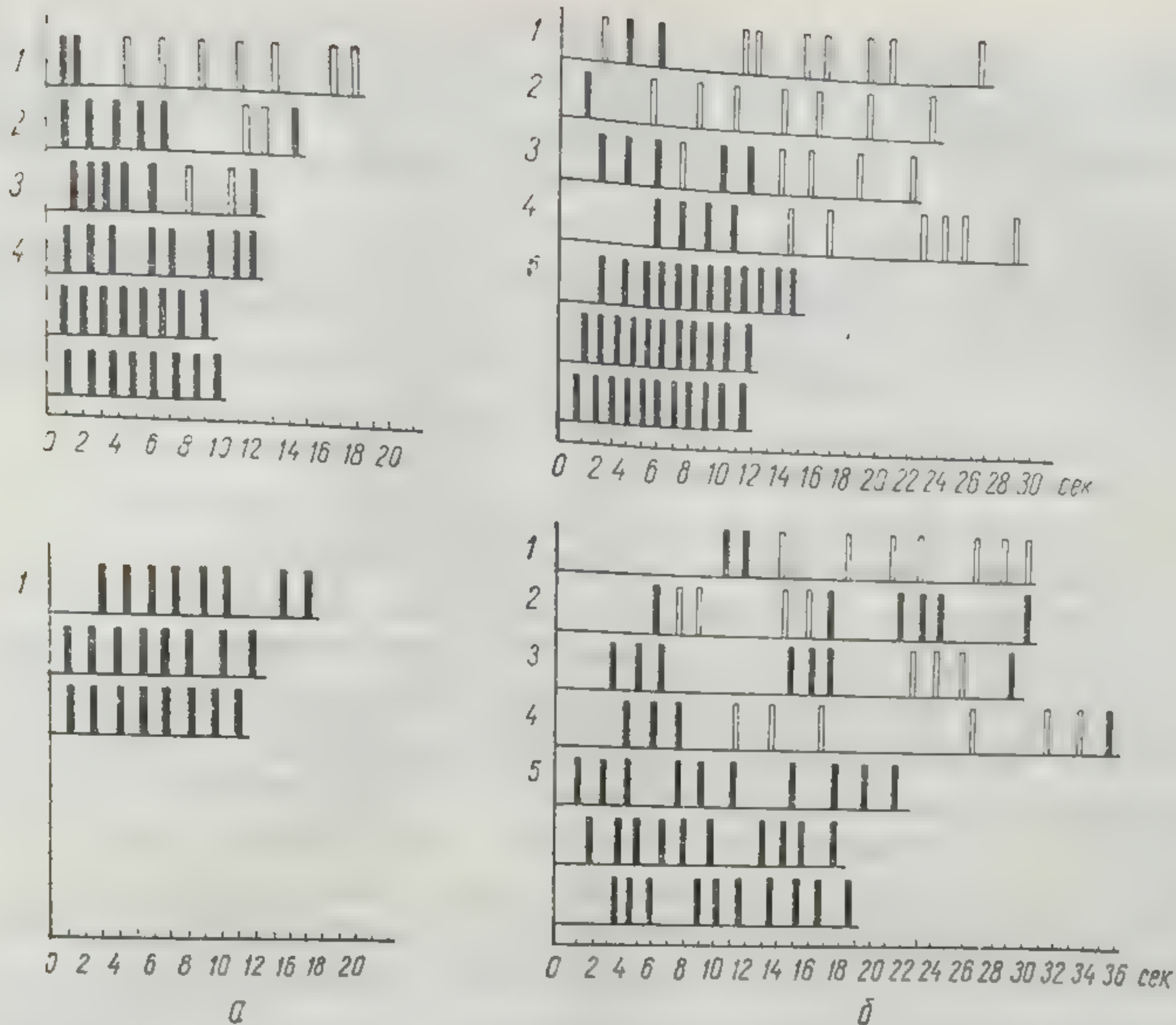


Рис. 22. Скорость образования систем временных связей на сигнальные комплексы одинаковой структуры, демонстрируемые вначале световыми (первый ряд), а затем — словесными сигналами (второй ряд), у испытуемых 3-го, 60 лет (а), и Ш-ва, 73 лет (б). Обозначения те же, что и на рисунке 11.

Как видно на диаграмме а, время воспроизведения компонентов второй системы после первой демонстрации словесного комплекса у 3-го было приблизительно таким же, как и после полного образования первой системы. Испытуемый сразу же за первым воспроизведением информации второй системы указал на тождественность светового и словесного сигнальных комплексов. Значит, вторая система временных связей не формировалась заново, а создавалась из информации первой системы.

Среднее время воспроизведения компонентов второй системы у Ш-ва (см. диаграмму б) такое же большое, как и время проявления компонентов первой системы в начале ее образования. Даже после того, когда системы сформировались, разницы в скорости проявления их компонентов оставалась большая.

шой. В первой системе они проявляются в среднем через 1,35 сек, во второй — спустя 1,9 сек. Эти данные свидетельствуют о разном характере формирования систем временных связей через первую и вторую сигнальные системы.

Таким образом, по времени проявления компонентов формирующейся системы можно сказать, что система формируется заново на демонстрируемый сигнальный комплекс или из информации уже созданной системы. Чем больше используется информация предыдущей системы, тем короче время проявления компонентов новой системы.

Л. А. Гуринович тоже сделала попытку ускорить процесс взаимодействия сигнальных систем путем многократной демонстрации одинаковых словесных и световых сигнальных комплексов в течение нескольких опытов. Исследования были проведены на пяти испытуемых, у которых взаимное влияние систем временных связей, образуемых на световые и словесные сигнальные комплексы, не проявлялось. У большинства из них не наступило обобщения, несмотря на ежедневное образование систем на одинаковые сигнальные комплексы, при образовании новой системы информация предыдущей полностью не использовалась. Только у одного Ф-на она начала использоваться с шестого опыта. Нужно отметить, что у него и в предыдущей серии опытов иногда определялось более быстрое формирование второй системы. В новых опытах в большем числе случаев образование временных связей на второй сигнальный комплекс ускорялось. Однако испытуемые не указывали на сходство информации демонстрируемых сигнальных комплексов. Изредка бывало, что сразу же за первым предъявлением второго сигнального комплекса система временных связей правильно воспроизводилась. Но затем она нарушалась и начинала формироваться как новая. Иногда испытуемые сразу отмечали сходство сигнальных комплексов, но в конце формирования системы они его не обнаруживали.

Для того чтобы ускорить обобщение информации образуемых систем у испытуемых, у которых в предыдущих опытах информация не проявлялась, была проведена новая серия опытов. В каждом опыте несколько раз подряд через первую и вторую сигнальные системы формировались временные связи на одинаковые сигнальные комплексы. Получены двоякие результаты. Так, у испытуемого Г-ко, 68 лет (см. рис. 23, а), системы на словесный и световой сигнальный комплексы сразу формировались как разные. После повторной демонстрации сигнальных

Рис. 23. Мн
Г-ко (а) и Л
световыми (с
значения те

комплекс
же время
ных комп
У испы
(см. рис.
вой и сло
чем у Г-к
плексов.
нальный
чем для
системы
временн
том, что
зей. По
оно осу
даже по
демонст
ных ко
устойчи
Было
время
сформи
не обоб

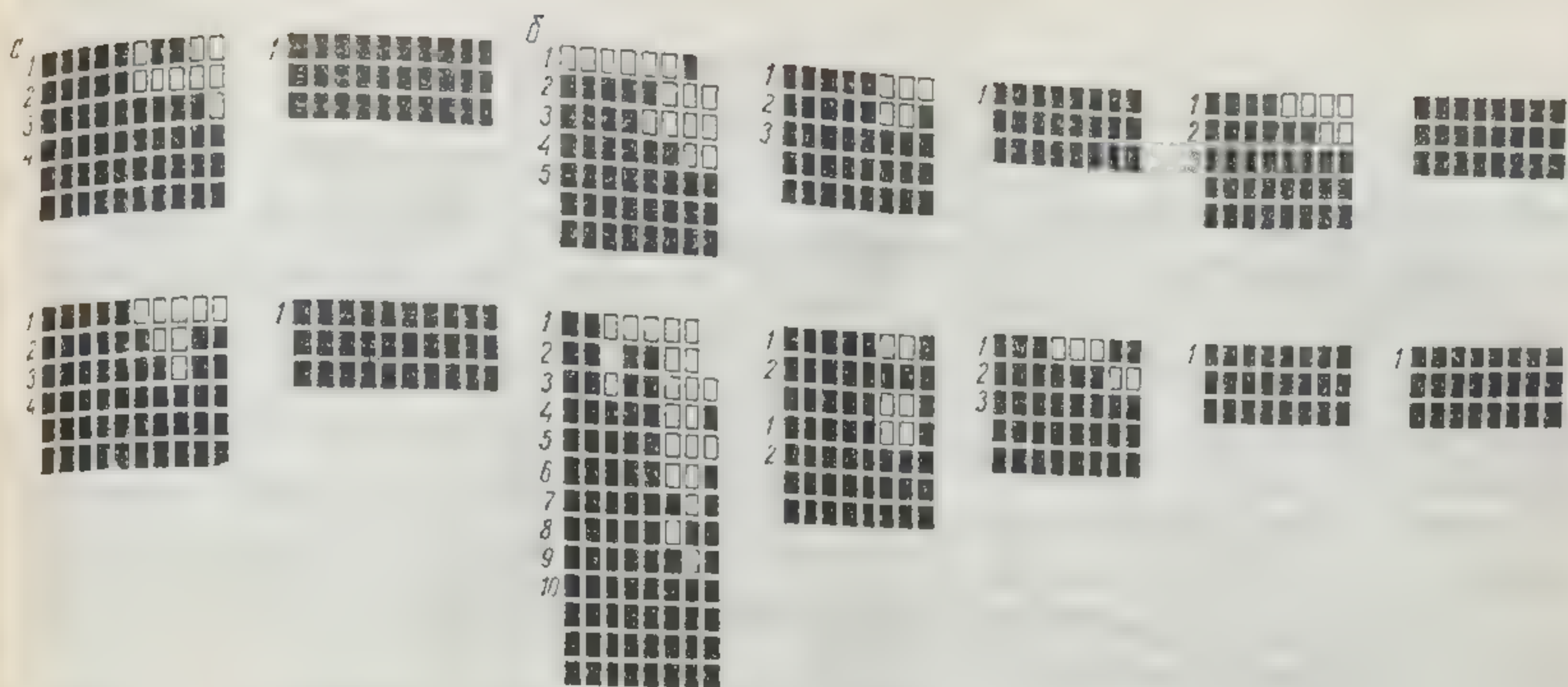


Рис. 23. Многократное образование систем временных связей у испытуемых Г-ко (а) и Ш-ва (б) на один и тот же сигнальный комплекс, демонстрируемый световыми (верхние столбцы) и словесными сигналами (нижние столбцы). Обозначения те же, что и на рис. 19.

комплексов системы тут же правильно воспроизводятся. В это же время испытуемый указывал на общность структур сигнальных комплексов.

У испытуемого Ш-ва, 73 года, как это следует из диаграммы (см. рис. 23, б), при поочередном образовании систем на световой и словесный сигнальные комплексы ушло больше времени, чем у Г-ко, пока он обнаружил сходство информации этих комплексов. Сначала для формирования системы на словесный сигнальный комплекс нужно было больше демонстраций сигналов, чем для создания системы на световой комплекс. В дальнейшем системы образовались значительно быстрее, но формирование временных связей еще шло по-разному. Это свидетельствует о том, что не было взаимодействия образованных временных связей. Понадобилось еще несколько образований систем, чтобы оно осуществилось. Интересно отметить, что этот испытуемый даже после проявления системы временных связей за первой демонстрацией сигналов долго не указывал на сходство сигнальных компонентов (по-видимому, вследствие недостаточной устойчивости и возбудимости образованных связей).

Было много испытуемых, особенно пожилых, у которых во время первых опытов информации систем временных связей, сформированных через первую и вторую сигнальные системы, не обобщались.

У молодых испытуемых информации систем обобщались в несколько раз быстрее, чем у стариков. Следовательно, сличительная функция коры головного мозга с возрастом снижается.

Итак, во время обследования юношей, взрослых и пожилых людей были выявлены лица, главным образом молодые, у которых быстро обобщались информации систем временных связей, образованных через первую и вторую сигнальные системы. В первом опыте после образования систем временных связей на световой сигнальный комплекс такой же словесный сигнальный комплекс воспринимался ими как знакомый. Это свидетельствует о хорошо развитой сличительной функции коры головного мозга у этих испытуемых.

При исследованиях у испытуемых во время утомления определялось снижение сличительной функции коры головного мозга. У школьников VIII класса (16 лет) после интенсивных занятий обмен информации между временными связями, образуемыми через разные сигнальные системы, уменьшался на 30—50%. Особенно сильно снижалась сличительная функция коры головного мозга у испытуемых, у которых в исходных опытах обобщение информации систем временных связей, образованных через разные сигнальные системы, было только частичным. Если сличительная функция коры головного мозга была хорошо развита, она снижалась незначительно.

У большинства людей старше 60 лет информации систем временных связей, образованных через разные сигнальные системы, обобщались только в опытах с дополнительным укреплением этих систем. При утомлении у них прекращался процесс обобщения информации, который определялся в начале опыта. Это подтверждает предположение о большой неустойчивости сличительной функции коры головного мозга у стариков.

ПРОЯВЛЕНИЯ СЛИЧИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ ЧЕРЕЗ РАЗНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ

Изучению роли анализаторов в высшей нервной деятельности посвящено много исследований, которые были проведены, главным образом, сотрудниками физиологических лабораторий, возглавляемых И. П. Павловым. Условные рефлексy у собак, как показали П. С. Купалов и В. Х. Гент (1928), быстрее обра-

зуются на звуковые раздражители, чем на световые и кожно-механические. М. С. Попова (1961, 1962) установила, что различие в образовании условных рефлексов в слуховом и зрительном анализаторах у собак более отчетливое, чем у низших обезьян.

При изучении высшей нервной деятельности детей исследователи отметили, что скорость образования условных рефлексов в разных анализаторах у младенцев неодинакова. Со временем эти различия у них становятся менее выраженными (Н. И. Касаткин, 1951; З. И. Барбашева, 1954, 1955; М. М. Кольцова, 1958), а в более старшем возрасте стереотипы на световые и звуковые сигналы образуются почти с одинаковой скоростью (Е. Н. Дегтярь, 1961, 1962).

Мы тоже занимались изучением взаимодействия анализаторов центральной нервной системы при выработке сложных систем временных связей у школьников различного возраста. Результаты этих исследований опубликованы в 1957, 1959, 1961 и 1962 годах.

Не изменяются ли закономерности, которые были выявлены при изучении обмена информацией между двумя системами временных связей, образованными через разные сигнальные системы, при формировании систем через различные анализаторы? Для получения ответа на этот вопрос была подобрана новая группа из шести испытуемых 22—26 лет.

Методика проводимых на них опытов была такой же, как и в предыдущей серии. Передачу информации с одного анализатора на другой мы начинали изучать с восьмого дня опыта. В этот день одна за другой (с перерывом в 30 секунд) у испытуемых создавались две системы временных связей сначала на световой, а затем — на такой же сигнальный комплекс, подаваемый на тактильные рецепторы. Эти опыты продолжались еще два дня.

У двух испытуемых во время опытов информация систем временных связей не обобщалась, у одного — отмечалось частичное, а у трех — полное обобщение информации систем временных связей, образованных через зрительный и тактильный анализаторы. Три характерные диаграммы, полученные в этих опытах, представлены на рисунке 24.

Диаграмма В-па была свойственна всем испытуемым, у которых не было обмена информацией между системами. Поэтому у них непосредственно за образованием системы временных связей на световой сигнальный комплекс система на такой же

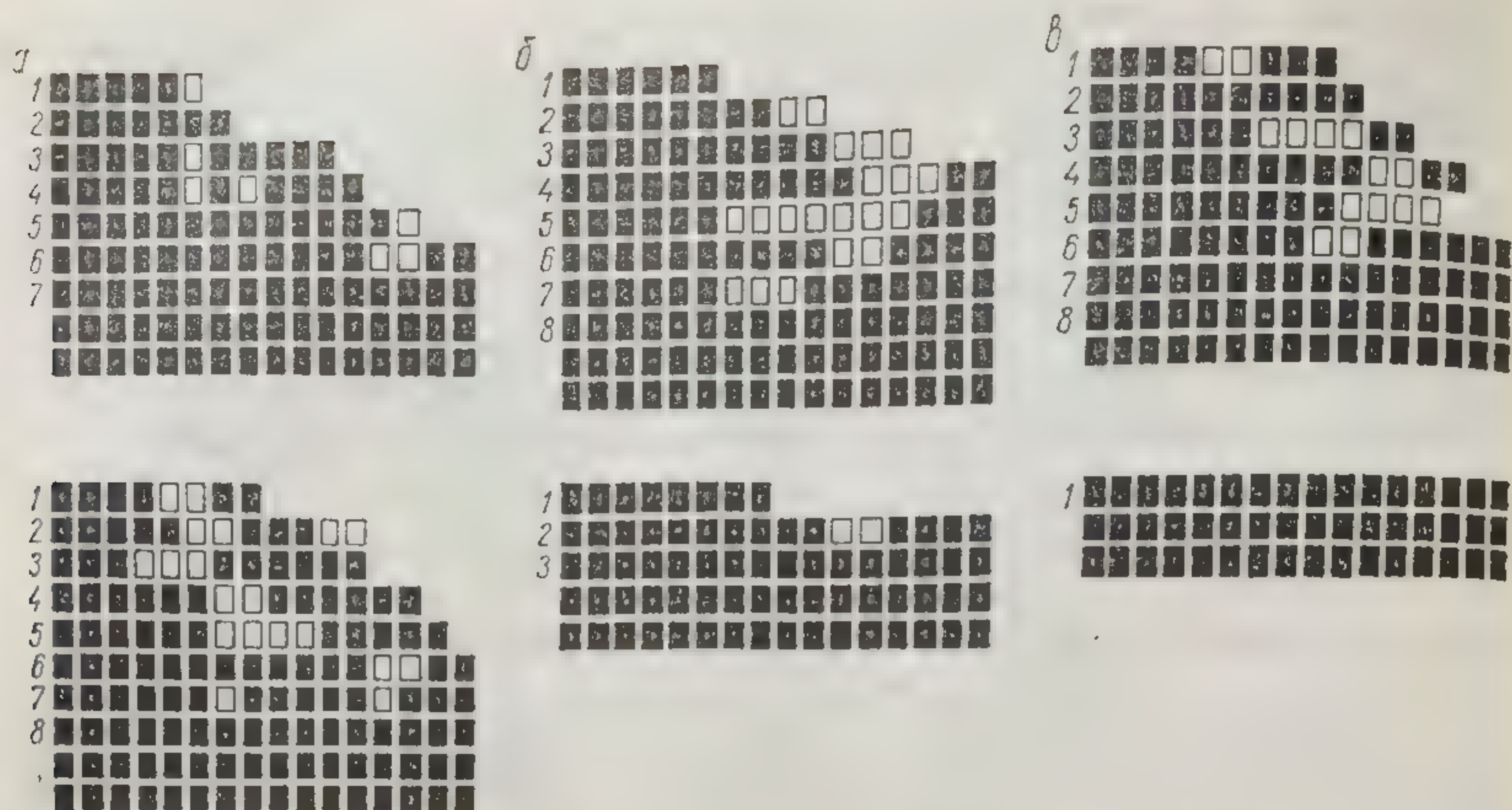


Рис. 24. Образование систем временных связей у В-па (а), П-са (б) и З-на (в) на сигнальный комплекс, воспринимаемый сначала зрительными (первый ряд), а затем тактильными рецепторами (второй ряд).

тактильный сигнальный комплекс формировалась заново.

У П-са информация системы временных связей, образованной через зрительный анализатор, частично использовалась для освоения тактильного сигнального комплекса. Чтобы создать систему временных связей на световую информацию, ему понадобилось 8 демонстраций сигнального комплекса, а для образования системы на такой же тактильный сигнальный комплекс — только 3 демонстрации.

У З-на информация системы, образованной через зрительный анализатор, полностью обобщилась с такой же информацией сигнального комплекса, воспринятого через тактильный анализатор, как только тот был продемонстрирован.

В следующие дни опыта у всех испытуемых информация из зрительного анализатора сразу же передавалась в тактильный анализатор. Такая же закономерность была выявлена у испытуемых и при передаче информации из тактильного анализатора в зрительный.

Таким образом, у одних испытуемых передача информации из зрительного анализатора в тактильный совершалась сразу, в первом опыте, а у других — постепенно, в течение нескольких опытов.

Чтобы
информаци
временных
следовани
в слуховой
ду систем
звучковой
формации
Взаим
рез разных
Л. А. Гур
рая систе
как и пер
ва факт
ния в сло
тождеств
У нек
(см. рис.
тичное и
Так, на ч

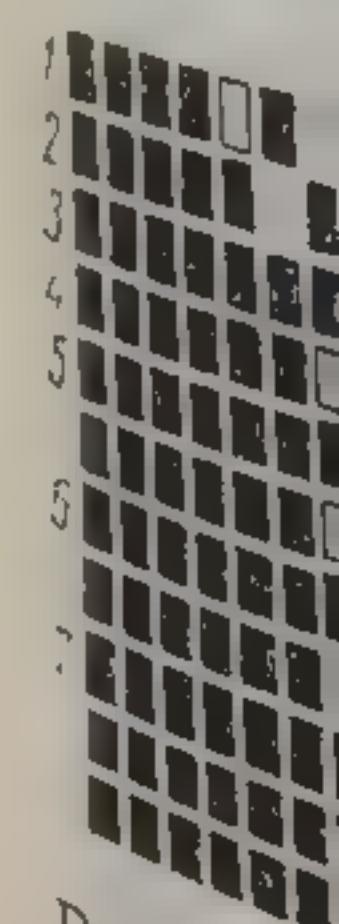


Рис. 25. (одинаков
ряд) сиг
8*

Чтобы получить полное представление о процессе передачи информации из разных анализаторов при выработке систем временных связей, в нашей лаборатории были проведены исследования передачи информации из зрительного анализатора в слуховой и обратно. Оказалось, что обмен информацией между системами, образованными у школьников через световой и звуковой анализаторы, в принципе не отличался от обмена информацией между световыми и тактильными анализаторами.

Взаимодействие систем временных связей, образованных через разные анализаторы у испытуемых 55—75 лет (по данным Л. А. Гуринович), несколько иное. У многих ее испытуемых вторая система временных связей формировалась почти так же, как и первая, но за меньшее число демонстраций. Однако сперва факт повторения сигнального комплекса не находил отражения в словесном отчете испытуемых. Позднее они указывали на тождественность сигнальных комплексов.

У некоторых испытуемых этой группы, например у Б-ча (см. рис. 25), в первое время в одних опытах проявлялось частичное или полное обобщение информации, а в других — нет. Так, на четвертый опытный день первая система у него образо-

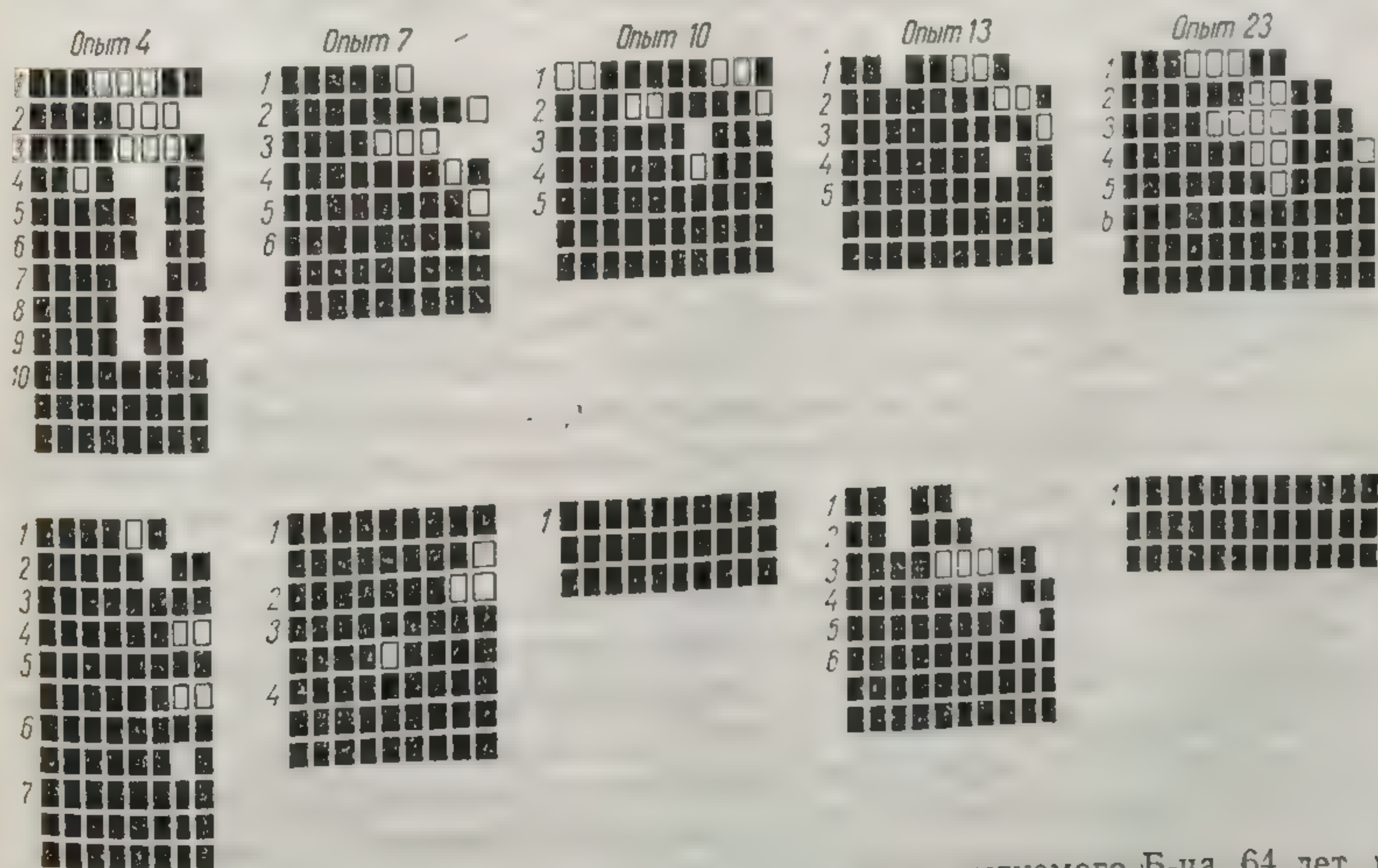


Рис. 25. Образование систем временных связей у испытуемого Б-ча, 64 лет, на одинаковые по информации световые (верхний ряд) и тактильные (нижний ряд) сигнальные комплексы.

балась после десяти демонстраций тактильного сигнального комплекса; вторая система на такой же световой комплекс сформировалась уже после пятой демонстрации сигналов, но вследствие неустойчивости некоторых компонентов она нарушалась. Понадобились еще две демонстрации сигнального комплекса, чтобы укрепить ее. На седьмой опытный день вторая система образовалась сразу же вслед за первой демонстрацией сигнального комплекса, но при повторном воспроизведении «выпадали» компоненты конца системы. Вся система стала прочной после четвертой демонстрации сигнального комплекса. В десятом опыте она сразу правильно воспроизводилась испытуемым уже после первой демонстрации, а в тринадцатом опыте — формировалась заново. Лишь после двадцать третьего опыта взаимодействие систем стало постоянным. В этих опытах проявляется частичный обмен информацией между системами временных связей, образованных через разные анализаторы.

Только у пяти из двенадцати человек произошло полное обобщение информации образованной системы временных связей с информацией сигнального комплекса, адресованного другому анализатору, и то у трех из них сличительная функция полностью стала проявляться лишь со второго, третьего или четвертого опыта.

У остальных испытуемых за все исследования информация, поступающая через разные анализаторы, не обобщилась. Правда, у некоторых из них, преимущественно более молодых, иногда проявлялось влияние информации системы, образованной через один анализатор на быстроту освоения сигнального комплекса, воспринимаемого через другой анализатор.

Чтобы ускорить взаимодействие систем временных связей, образуемых через разные анализаторы, у испытуемых со слабо-развитой сличительной функцией, которые даже после сообщения о том, что могут быть сходные сигнальные комплексы, часто не могли успешно выполнить задание. Мы стали ежедневно демонстрировать одинаковые сигнальные комплексы. При этом в некоторых опытах, до того как приступить к формированию второй системы, специально значительно укреплялась первая система. Укрепление первой системы временных связей, а также проявление наряду с двигательными словесных ответов на сигналы в большинстве случаев способствовало значительному ускорению образования второй системы. Однако повторной демонстрации одинаковых по структуре светового и тактильного сигнальных комплексов испытуемые не замечали. Только у од-

ного из них наступило полное обобщение информации сигнальных комплексов.

У трех испытуемых, у которых полное взаимодействие между системами временных связей не проявлялось, мы применили в одном опыте способ поочередного образования систем временных связей на тактильный и световой сигнальные комплексы. Последние демонстрировались до тех пор, пока испытуемые не начинали отмечать их сходства. У одного из испытуемых полное обобщение информации сигнальных комплексов в первом опыте было отмечено после третьего повторного образования систем, а на второй день — после второго образования. Идентичные явления обнаружены у другого испытуемого, а у третьего, несмотря на то, что информация систем правильно воспроизводилась вслед за первой демонстрацией сигналов, демонстрируемые сигнальные комплексы долго не отождествлялись. Полученные данные свидетельствуют о том, что у некоторых пожилых людей информация систем временных связей, образованных через разные анализаторы, не обобщается. Дополнительное укрепление систем или воспроизведение информации сигнального комплекса словами иногда способствовало частичному взаимодействию у них формируемых систем. Были и такие испытуемые, у которых информация систем временных связей обобщалась только после многократного образования одних и тех же систем временных связей в одном опыте. У молодых испытуемых такое обобщение информации наступало быстрее. Это свидетельствует об ослаблении сличительной функции коры головного мозга человека при старении.

Многочасовая учеба или умственный труд вызывают снижение функции обобщения систем временных связей, сформированных через разные анализаторы, особенно у людей со слабой сличительной функцией коры головного мозга. Например, у лиц старше 60 и моложе 10 лет часто после образования двух относительно сложных систем различной информации, а иногда уже после создания одной сложной системы сличительная функция коры головного мозга выключается из работы.

У большинства взрослых после 6—7-часового интенсивного труда эта сличительная функция коры головного мозга снижается на 40—70%, а у трети из них — вообще не проявляется. Все это дает повод предполагать о функциональной неустойчивости сличительной функции коры головного мозга, развивающейся на основе вновь образованных следов.

Мы также изучали взаимодействие систем временных свя-

зей, образованные через разные отделы анализаторов. Некоторые из этих исследований были опубликованы в 1962 году. Здесь мы не будем на них останавливаться, поскольку полученные данные в основном совпали с результатами изучения взаимодействия систем, созданных через разные анализаторы.

ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ, ОБРАЗОВАННЫХ ЧЕРЕЗ ОДИН АНАЛИЗАТОР

В подавляющем большинстве случаев сигнальный комплекс, на который у человека 5—10 минут тому назад была образована система временных связей, воспринимается им как знакомый, т. е. информация демонстрируемого сигнального комплекса сразу же обобщается с информацией только что сформированной системы. В этих случаях возбуждение нервных образований, возникшее под влиянием сигнального комплекса, сразу же вступает в контакт с возбуждением временных связей с аналогичной информацией. Этому способствует не только общность информации системы и сигнального комплекса, но и общность пути, по которому информация поступает в мозг.

Нами было проведено много исследований (1959) с целью изучения взаимодействия систем временных связей, которые образуются через один анализатор, но отличаются между собой некоторыми компонентами. Для этого у испытуемого формировали систему временных связей на какой-нибудь сигнальный комплекс, затем изменяли один из его компонентов и заново создавали на него новую систему временных связей. После опыта подсчитывалось количество демонстраций сигнального комплекса при образовании первой и второй системы временных связей, которое указывало на степень использования информации первой системы при формировании второй.

Для создания первой системы временных связей нужно было 4—8 демонстраций сигнального комплекса. После изменения одного из первых его компонентов большинство испытуемых определяло сигнальный комплекс как новый, освоить который они могли почти за столько же (3—7) демонстраций. Если же в комплексе изменялся один из последних компонентов, то большинство испытуемых воспринимало его как знакомый и полностью воспроизводило его информацию после одной-двух демонстраций. Следовательно, сигнальный комплекс, на который

образовалась система временных связей, воспринимается испытуемыми как целая система. Первые компоненты комплекса для функции обобщения имеют большее значение, чем все последующие. Таким образом, связь между ранее образованной системой и вновь действующим сигнальным комплексом по сходству информации не устанавливается. По этой причине информация временных связей первой системы почти не используется для образования второй системы.

Тот факт, что вторая система иногда все же образуется несколько быстрее, чем первая, указывает на использование в этих случаях информации первой системы временных связей, хотя оно незначительное и не осознается испытуемыми. У семиклассников информация используется больше, чем у учеников четвертого класса, вследствие более высокого развития сличительной функции коры головного мозга у первых.

Сигнальный комплекс с измененным предпоследним компонентом воспринимался школьниками как знакомый. Установившаяся связь между информацией ранее сформированной системы и вновь действующего сигнального комплекса создает необходимые предпосылки использования информации ранее образованной системы для образования новой. По этой причине вторая система формировалась после 1—2 демонстраций сигнального комплекса, т. е. в несколько раз быстрее, чем создавалась первая система.

Аналогичные исследования провела Л. А. Гуринович на людях старше 60 лет (1967).

Данные В-ва (см. рис. 26) являются характерными для большинства испытуемых этой группы. У него при образовании системы временных связей на сигнальный комплекс с измененным первым компонентом число демонстрации сигналов было такое же, как и при формировании первой системы. При формировании системы временных связей на сигнальный комплекс с измененным средним компонентом вторая система образовалась почти в два раза быстрее первой. Сразу после первой демонстрации сигнального комплекса В-ва почти полностью правильно повторил ее информацию. Однако, вследствие неустойчивости отдельных компонентов, нарушился конец воспроизводимой системы. За третьей демонстрацией сигналов опять подымой системы. За третьей демонстрацией информации системы, следовало почти правильное повторение информации сформированной после дополнительной пятой демонстрации система сформировалась окончательно. Значительно меньшее число демонстраций требовалось В-ву при формировании сигнального комплекса

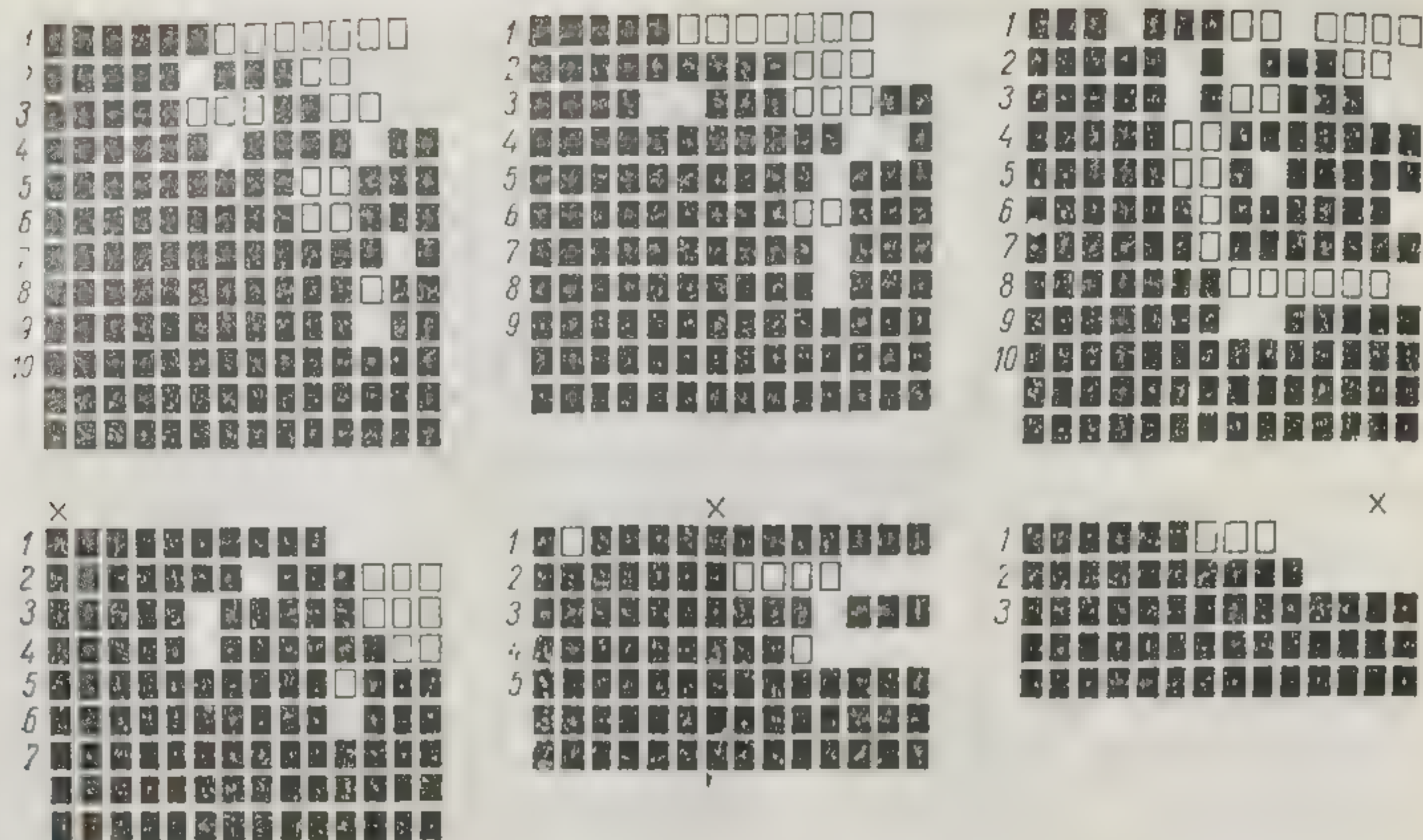


Рис. 26. Образование систем временных связей у испытуемого В-ва, 60 лет, в первых трех опытах (звездочкой указан измененный компонент сигнального комплекса).

системы на сигнальный комплекс с измененным предпоследним компонентом.

У других испытуемых подобный эффект определялся только при создании систем временных связей на сигнальный комплекс с измененным предпоследним компонентом. Системы временных связей на сигнальные комплексы с измененными первым и средним компонентами у них формировались заново, только в третьем случае образование системы шло более быстро.

Итак, у испытуемых старше 60 лет взаимодействие систем временных связей с измененным одним компонентом имело место только у 60—65-летних. Лучше всего оно проявилось в системах временных связей, отличающихся предпоследним компонентом. У испытуемых 73—76 лет не было обмена информацией между образуемыми системами даже в том случае, если в них изменялся предпоследний компонент сигнального комплекса.

Таким образом, обобщение информации только что образованных систем временных связей и вновь воспринимаемых сигнальных комплексов происходит в определенных условиях. Информация обобщается сразу, когда сигнальный комплекс полностью соответствует имеющейся системе временных связей, несколько медленнее, когда система временных связей и сиг-

нальный комплекс схожи в начальных своих компонентах, и очень медленно, когда сходство относится к конечным компонентам. Быстрому обобщению информации способствует то, что обе информации поступают в мозг по одному и тому же пути.

Функция обобщения сходных информации у развивающегося человека постепенно усиливается, но при старении начинает ослабевать. Утомление отрицательно влияет на обобщение сходных информации, воспринимаемых работающим.

ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ

МЕЖДУ ОДИНАКОВЫМИ СИСТЕМАМИ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ, ОБРАЗОВАННЫМИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

При изучении скорости обмена информацией между двумя одинаковыми системами временных связей мы создавали у испытуемых сначала систему временных связей благодаря интегрированию информации двух различных систем, выработанных на два сигнальных комплекса, а затем — новую систему на сигнальный комплекс, который имел такую же информацию, как и предварительно образованная система. Получалось так, что одна и та же по информации система временных связей образовывалась дважды, но только в первый раз она формировалась путем интегрирования информации двух систем (опосредованно), а второй — непосредственно на действие сигнального комплекса.

Исследования были проведены на трех учениках четвертого класса (10 лет) и трех взрослых людях (30 лет), которые окончили высшие учебные заведения и несколько лет работали по избранной специальности.

Первые пять дней у всех испытуемых формировались системы временных связей нарастающей сложности как на действующий сигнальный комплекс, так и путем интеграции двух систем. Чтобы задания были одинаково трудными для каждого испытуемого, у школьников системы образовывались на 8 и 12, а у взрослых — на 20 и 32 компонента.

У всех детей после формирования системы временных связей из информации двух систем система временных связей на сигнальный комплекс с такой же информацией образовывалась заново в течение четырех опытов. Так, у Г-ва первая система полностью образовалась путем интегрирования двух систем во время четвертой попытки (см. рис. 27). Вторая система создавалась постепенно в течение девяти демонстраций сигнального

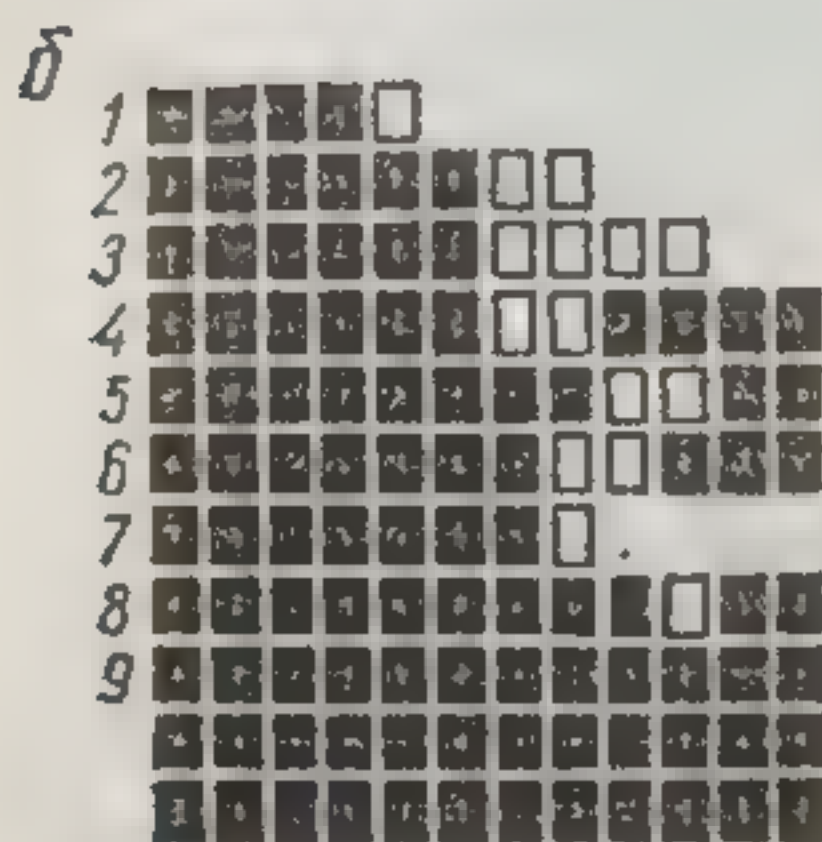
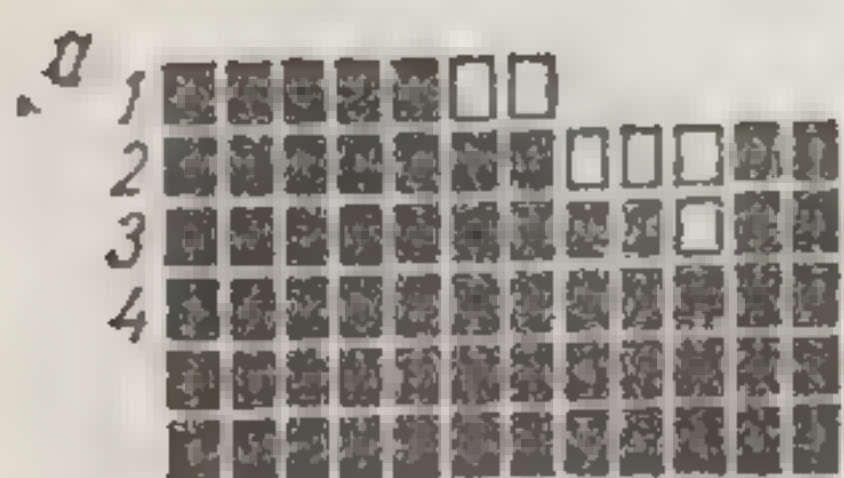


Рис. 27. Образование одинаковых систем временных связей у Г-ва при интеграции двух систем (а) и демонстрации сигнального комплекса (б).

комплекса, начиная с первых компонентов. То обстоятельство, что испытуемый не использовал информацию ранее сформированной системы для образования новой, свидетельствует о том, что не было обмена информацией между этими системами.

Идентичные явления определялись в первом опыте у всех взрослых, а у одного — в течение четырех опытов.

У двух испытуемых в дальнейшем определялся обмен информацией между образованными системами: у И-ва — во втором опыте, а у Д-а — частично в третьем и полностью — в четвертом опыте. Уже после первой демонстрации сигнального комплекса они воспроизводили вторую систему временных связей. Следовательно, вторая система сформировалась благодаря использованию информации первой системы. По-видимому, испытуемые сопоставляли информации первой системы и демонстрируемого сигнального комплекса и находили между ними сходство, поэтому указывали на идентичность информации этих двух систем.

Для более углубленного изучения этой функции коры головного мозга с целью выявления момента наступления обмена информацией в период многократного воспроизведения испытуемым одинаковых систем, образованных в различных условиях, была проведена дополнительная серия опытов. Как и в предыдущей серии опытов, мы создавали у испытуемых системы временных связей: одну — в условиях интеграции информации двух систем, а вторую — на демонстрации сигнального комплекса с такой же информацией, что и у первой системы. У большинства из них в коре образовывались две различные системы. Испытуемому, у которого они появились, мы предлагали несколько раз одну за другой воспроизводить их информацию и определить сходство между ними.

Поочередное воспроизведение испытуемым Г-ва информации двух идентичных систем, сформированных в различных условиях, характерное для школьников, показано на рисунке 28. Как видно на диаграмме, на первое повторение системы, образованной из информации двух систем, уходит в два раза больше вре-

мени, чем на воспроизведение системы, созданной на сигнальный комплекс. В дальнейшем это время сокращается, в особенности при проявлении системы, возникшей из двух систем.

Когда разница в затрате времени на воспроизведение информации этих двух систем большая, нет обмена информацией между системами и испытуемые не отмечают их сходства. Как только эта разница начинает исчезать (при появле-

нии обмена информацией между системами), испытуемые, как правило, замечают сходство систем. У учеников четвертого класса передача информации наступает только тогда, когда созданные системы в результате многократного подкрепления становятся высокоустойчивыми и легко проявляются.

Таким образом, обмен информацией между системами временных связей, образованных в различных условиях, идет с большим трудом, так как каждая система возбуждается по-разному. Воспроизведение информации одной системы идет в условиях интеграции информации двух систем, а другой — обычным путем, т. е. при последовательном возбуждении временных связей. Во втором случае внимание испытуемого сосредоточено на процессе воспроизведения, а не на самой информации. Только когда проявление информации систем высокоавтоматизируется, между системами происходит обмен информацией благодаря тому, что испытуемый начинает обращать внимание на информацию систем. Так как у взрослых быстрее, чем у детей, укрепляются временные связи, то их внимание быстрее переключается с воспроизведения информации на саму информацию и быстрее идет обмен информацией между двумя системами.

Информация систем временных связей, образованных в раз-

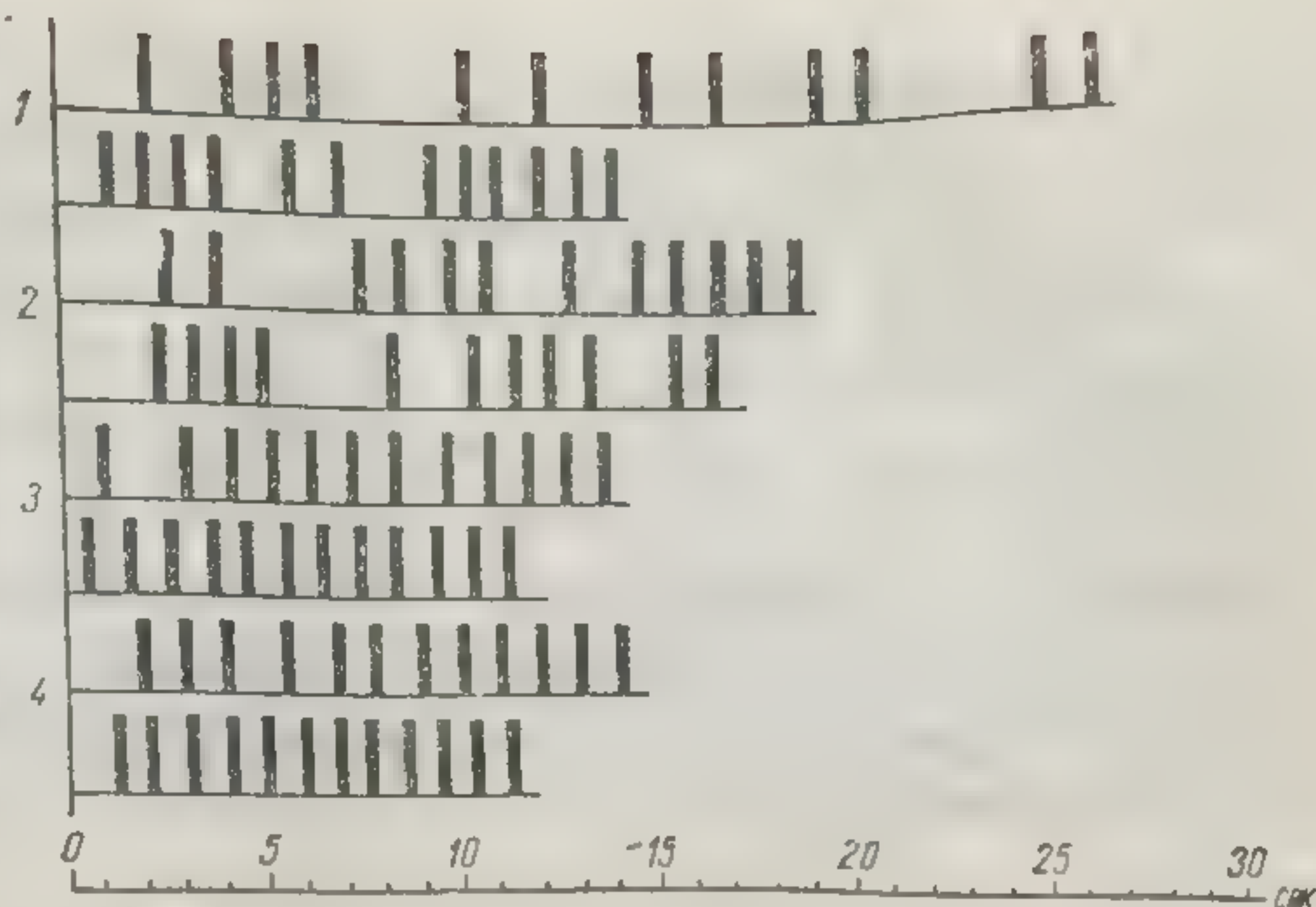


Рис. 28. Скорость проявления информации систем временных связей, сформированных в условиях интеграции двух систем и образованных на сигнальный комплекс (второй ряд), у испытуемого Г-ва.

личных условиях, может обобщаться только у неустоимленного человека. Даже небольшая усталость препятствует этому, потому что малым зарядом «творческого очага» нельзя к концу работы вызвать сильного возбуждения обширных областей коры головного мозга.

Если рассмотрим процесс обобщения информации, то увидим, что сперва идет освоение сигнальных комплексов, а затем — сличение их информации. Поскольку сигнальные комплексы осваиваются в различных условиях, то отсутствие сходства в самой деятельности не вызывает потребности в развитии сличительной функции.

ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ

МЕЖДУ ОДИНАКОВЫМИ СИСТЕМАМИ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ, СОЗДАНЫМИ В РАЗЛИЧНОЕ ВРЕМЯ

Способность сохранения следовой реакции лежит в основе функций нервной системы. «Нервный аппарат после каждого нового на него влияния изменяется все более и более, и изменение это задерживается им от всякого предыдущего влияния до всякого последующего более или менее долго» (И. М. Сеченов, 1863). Изучение этого свойства коры головного мозга необходимо для понимания сложных форм корковой деятельности, например функции памяти, которая проявляется уже при образовании простых условных рефлексов.

Исследованию сохранения образованных условных рефлексов посвящены работы Л. Н. Норкиной (1951), И. А. Уткиным и М. В. Авджианом (1960), которые обнаружили, что у обезьян легко восстанавливаются образованные год тому назад двигательные условные рефлексы. А. П. Чеснокова (1952) установила, что восстановление динамического стереотипа условных рефлексов зависит от возраста животных и подвижности у них нервных процессов: у годовалых собак образованный месяц тому назад динамический стереотип рефлекса восстанавливается быстрее, чем у щенков. По С. С. Бархударяну (1960) скорость восстановления и сохранения рефлекса у собак зависит от длительности и характера перерыва, от степени устойчивости рефлекса, а также от возраста и типологических особенностей животных. У кроликов через 1,5—2 года хорошо сохраняются двигательные пищевые рефлексы, в то время как сложные — в значительной степени утрачиваются (А. В. Бару, 1960).

Идентичные результаты получены в исследованиях, проведенных на людях. По данным Н. И. Красногорского (1958), прочные приобретенные рефлексy у детей проявляются через несколько месяцев и даже лет. Ученый считает, что продолжительность сохранения рефлекса зависит от силы возбуждения подкорковых образований и от состояния мозга во время формирования рефлекса.

Мы исследовали взаимодействие сложных систем временных связей, созданных у испытуемых в разное время. Поскольку это взаимодействие могло осуществляться благодаря сличительной функции, то наши опыты должны были помочь дальнейшему раскрытию механизма этой функции.

Эксперименты проводились по методике, которая широко использовалась нами для изучения взаимодействия образуемых систем временных связей. Сначала у испытуемых формировали систему временных связей на сложный сигнальный комплекс, затем через некоторое время ее восстанавливали путем применения того же сигнального комплекса. При сопоставлении результатов двух опытов определялись сходства и различия в процессе формирования систем. Этот прием очень близок к методу «сбережения», применяемому психологами.

Сперва испытуемые знакомились с условиями эксперимента. Затем в течение двух-трех дней у них формировались системы временных связей на усложняемые сигнальные комплексы. Это было необходимо для того, чтобы можно было начать серию исследований с образования самых трудных систем временных связей.

В первый день у него формировали систему временных связей на 16-компонентный сигнальный комплекс. Через каждые два дня она восстанавливалась путем демонстрации того же сигнального комплекса. Так повторялось до тех пор, пока система временных связей не начинала полностью проявляться у испытуемого после первой демонстрации сигналов. Следующие 2—3 дня у него создавали различные системы временных связей, на этом первая серия опытов кончалась.

Во второй серии опытов вырабатывали систему временных связей уже на 18-компонентный сигнальный комплекс. Через каждые два дня она восстанавливалась, пока не начинала проявляться после первой демонстрации сигнального комплекса.

Спустя несколько дней по этой же методике проводилась третья серия опытов.

Ниже мы остановимся на наших совместных с Е. С. Рапаце-

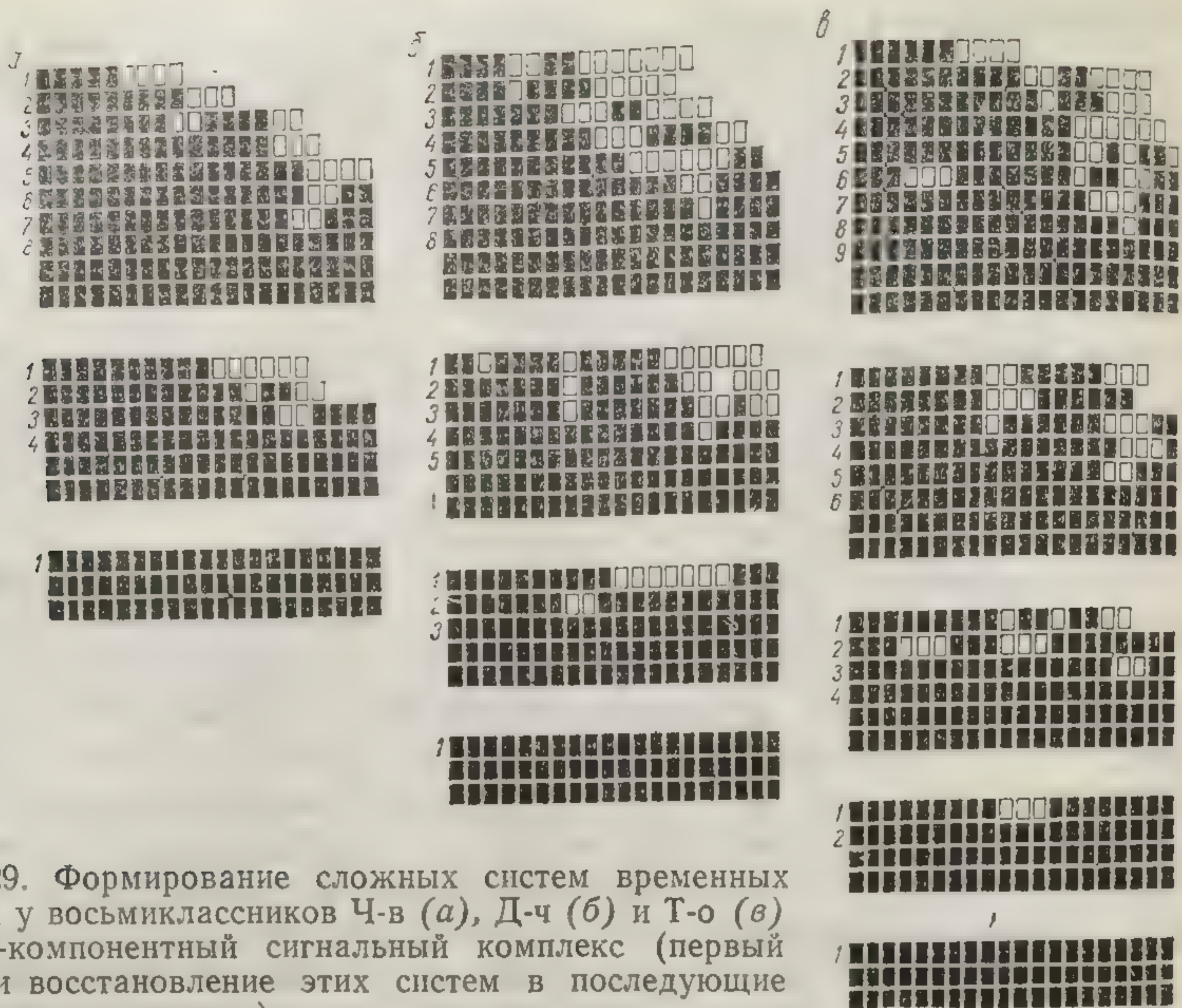


Рис. 29. Формирование сложных систем временных связей у восьмиклассников Ч-в (а), Д-ч (б) и Т-о (в) на 20-компонентный сигнальный комплекс (первый ряд) и восстановление этих систем в последующие дни (остальные ряды).

вичем исследованиях 15 школьников восьмого класса, у которых формировалась система временных связей на 20-компонентный сигнальный комплекс.

Как видно на рисунке 29, у испытуемого Ч-в (а) система временных связей образовалась после восьми демонстраций сигнального комплекса. Во втором опыте, проведенном через два дня, для восстановления системы временных связей потребовалось 4 демонстрации сигнального комплекса. В третьем опыте она восстановилась сразу же после первой демонстрации сигнального комплекса.

Следовательно, в каждом очередном опыте система восстанавливается все быстрее и быстрее, т. е. все лучше и лучше устанавливалось взаимодействие информации действующего сигнального комплекса с ранее образованной системой. Таким образом, система временных связей восстановилась в первую очередь благодаря сличительной функции коры головного мозга. В этом легко убедиться, если просмотреть диаграммы испытуемого Ч-в

(см. рис. 29, а). Когда у него в первый раз формировалась система, то шло постепенное создание новых связей. Здесь вступил в силу основной закон замыкательной функции коры головного мозга, описанный в третьей главе этой книги. Первое восстановление системы шло несколько быстрее. Уже после первой демонстрации сигнального комплекса проявилось 10 временных связей, т. е. в два раза больше, чем при первом образовании систем сигнального комплекса, то восстановилась она после 4 демонстраций.

Система быстро восстанавливалась главным образом благодаря сличительной функции коры головного мозга. Большую часть системы составляли ранее образованные связи. Но так как система в первый раз восстановилась после 4 демонстраций сигнального комплекса, то это свидетельствует о новом формировании некоторых ее связей. Второе восстановление системы произошло вследствие возбуждения ранее образованных связей. Поэтому система полностью проявилась после первой демонстрации сигнального комплекса.

Степень участия сличительной функции коры головного мозга в восстановлении систем временных связей у различных испытуемых была неодинаковой. Так, у одних (в том числе и у испытуемого Ч-в, см. рис. 29, а) система восстанавливалась быстро. У других (например, у испытуемого Д-ч, см. рис. 29, б) сличительная функция коры принимала меньшее участие и система восстанавливалась более медленно. У третьих (среди которых был испытуемый Т-о, см. рис. 29, в) она восстанавливалась очень медленно.

Итак, у испытуемых одного и того же возраста восстановление образованных систем временных связей идет по-разному: у одних они восстанавливаются путем образования новых связей, а у других — вследствие возбуждения ранее образованных.

Желая получить более достоверные данные, мы продолжили свои исследования на 60 учениках I, IV, VI, VII классов (7—8, 10—11, 13—14 и 15—16 лет).

Системы временных связей у них создавались на сигнальные комплексы различной сложности, которые испытуемый мог освоить в течение 7—10 демонстраций. Чтобы избежать всяких случайностей и как можно лучше выявить возрастные особенности испытуемых, мы приступали к исследованию после подготовительного периода.

У первоклассников формировались системы временных связей

на сигнальные комплексы из 8 и 10 компонентов, у школьников четвертого класса на комплексы из 10 и 12 компонентов, у шестиклассников — из 14 и 16, у восьмиклассников — из 18 и 20 компонентов. Системы восстанавливались через каждые два дня по описанной выше методике.

Результаты проведенных опытов представлены в таблице 8.

Таблица 8

Образование и восстановление систем временных связей
у школьников различного возраста

Возраст испытуемых (в годах)	Количество испытуемых	Количество демонстраций сигнального комплекса				
		При образовании системы	При ее восстановлении			
7—8	6	8	3	1	1	1
	6	10	5	3	1	1
	3	9	4	4	2	1
10—11	6	9	4	1	1	1
	7	8	4	2	1	1
	2	9	5	4	3	1
13—14	6	8	3	1	1	1
	4	8	4	3	1	1
	5	9	5	3	2	1
15—16	5	8	3	1	1	1
	4	8	6	2	1	1
	6	9	5	3	2	1

Как видно из таблицы, даже у учеников одного класса система восстанавливалась неодинаково: у одних она полностью восстанавливалась на второй, у других — на третий, а у третьих — на четвертый опытный день. В то же время у испытуемых различного возраста системы временных связей восстанавливаются с одинаковой скоростью.

Этот вывод является правильным только в тех случаях, когда

создаваемые системы по своей сложности являются оптимальными, т. е. когда дети 7—8 лет осваивали сигнальные комплексы из 8—10 компонентов, а юноши 15—16 лет — из 18—20 компонентов. Иными словами, у всех школьников одинаково восстанавливается усвоенный материал, если он соответствует возрастным особенностям их умственной деятельности.

Если у всех испытуемых различных возрастов формировались системы одинаковой сложности, то выявлялось следующее: у старших школьников число восстанавливаемых связей было больше, чем у младших. Итак, чем старше были испытуемые, тем большее число временных связей восстанавливалось у них в последующие дни.

Этот вывод будет недостаточно убедителен без его подкрепления данными исследований людей пожилого возраста. Поэтому сейчас мы разберем исследования Л. А. Гуринович, которая в нашей лаборатории провела опыты над 14 испытуемыми 50—76-летнего возраста. Оказалось, что число демонстраций сигнального комплекса, необходимых для каждого повторного восстановления систем, у них уменьшалось с каждым днем. Притом системы восстанавливались по-разному не только у испытуемых разных возрастов, но и одного и того же возраста. Так, если у испытуемого В-ча (60 лет) система временных связей после первой демонстрации сигнального комплекса полностью восстанавливалась на второй день, то у В-ва (того же возраста) — только на четвертый день. У испытуемого Ф-на (72 лет) система восстанавливалась так же, как и у испытуемых 55—64 лет. Несмотря на указанные индивидуальные особенности, испытуемым 50—65 лет для восстановления системы требуется значительно меньше демонстраций сигнального комплекса, чем испытуемым 69—76 лет (различия статистически достоверны во всех случаях, $P < 0,05$).

Нас интересовало: как реагирует испытуемый на повторную демонстрацию сигнального комплекса? Оказалось, что, несмотря на уменьшение числа демонстраций сигнального комплекса, не все испытуемые обходимых для восстановления системы, не все испытуемые сразу отмечают идентичность демонстрируемых в течение нескольких дней сигнальных комплексов. Чаще всего они обнаруживали это в предпоследний или последний день опыта, когда для восстановления системы требовалось не более 1—3 демонстраций сигнального комплекса. Нужно заметить, что 70—76-летние испытуемые указывали на сходство сигнального комплекса значительно позже, чем 55—66-летние.

Характерные особенности восстановления систем у людей пожилого возраста хорошо определяются на диаграммах испытуемых В-ча, 60 лет, и П-ка, 75 лет, изображенных на рисунке 30.

Как следует из диаграммы испытуемого П-ка, у него очень непрочные временные связи образуемой системы. И хотя с каждым днем повышается число сформированных связей после некоторых демонстраций сигнального комплекса, тем не менее испытуемому необходимо много раз подавать один и тот же комплекс, пока у него система не начнет восстанавливаться после первой демонстрации сигналов.

При изучении формирования систем временных связей одновременно определялся латентный период ответных реакций после первых демонстраций сигнального комплекса при каждом восстановлении системы. У всех испытуемых время воспроизведения компонентов системы было не одинаково в каждом новом опыте. Но все же у большинства из них оно уменьшалось по мере увеличения числа восстановлений системы. Однако у каждого испытуемого оно снижалось до определенного предела, у одних — раньше, у других — позже. Например, если у испытуемого В-ча, 60 лет, средний латентный период воспроизведения одного компонента в первый день образования системы был равен 1,7 сек, во второй день — 1,4 сек и в третий день — 1,3 сек, то у испытуемого П-ка, 75 лет, в первый, второй и третий день он был соответственно равен 3,5; 3,2 и 1,8 сек и в течение следующих трех опытов оставался неизменным. При сопоставлении полученных результатов с данными контрольных опытов этой закономерности не удалось выявить. Отсюда следует, что уменьшение времени воспроизведения компонентов с каждым восстановлением системы обусловлено постепенным укреплением одних и тех же связей, которые проявлялись в течение многих опытов.

Были обнаружены и возрастные особенности изменения времени воспроизведения компонентов системы при ее восстановлении. Прежде всего у испытуемых 60—66 лет в каждом новом опыте время постепенно уменьшается, а у испытуемых 69—76 лет оно укорачивается в основном при третьем восстановлении системы, в дальнейшем оставаясь одинаковым. Для 69—76-летних испытуемых характерно заметное увеличение времени латентного периода в разные дни опыта. Так, при первом восстановлении системы оно увеличивается у большинства из них. Это свидетельствует о том, что система почти полностью формировалась заново, т. к. временные связи ранее образованной системы очень слабы. Иногда увеличение латентного периода отмечалось позд-

нее. Например, у испытуемого М-го — в пятом опыте, а у Ш-ва — в четвертом.

Нужно подчеркнуть, что часто удлинение латентного периода ответных реакций было обусловлено состоянием испытуемых. Чаще всего оно выявлялось у более старых испытуемых (по-видимому, вследствие слабости их нервной системы и низкой сопротивляемости к тормозному действию внешних раздражителей).

Таким образом, из полученных данных следует, что с возрастом понижается способность к сохранению временных связей, поэтому время ответных реакций удлиняется.

Наметилась некоторая корреляция между скоростью формирования системы и ее сохранностью во времени: системы одинаковой сложности лучше сохраняются у испытуемых с более прочными временными связями, новые системы у них формируются быстрее.

При сравнении данных, полученных у школьников и стариков, было установлено, что у стариков в восстановлении системы сличительная функция принимает в несколько раз меньшее участие, чем у школьников. В этом отношении особенно наглядны результаты опытов, в которых система восстанавливалась после 10- или 30-минутного отдыха. В этих случаях у всех молодых испытуемых восстановление системы отмечалось после первой демонстрации сигналов. У многих же стариков она восстанавливалась не сразу, а через две-три демонстрации сигнального комплекса.

Теперь можно сказать, что у стариков сильно снижается сличительная функция коры головного мозга при восстановлении недавно образованных систем временных связей. Это обусловлено тем, что сформиро-

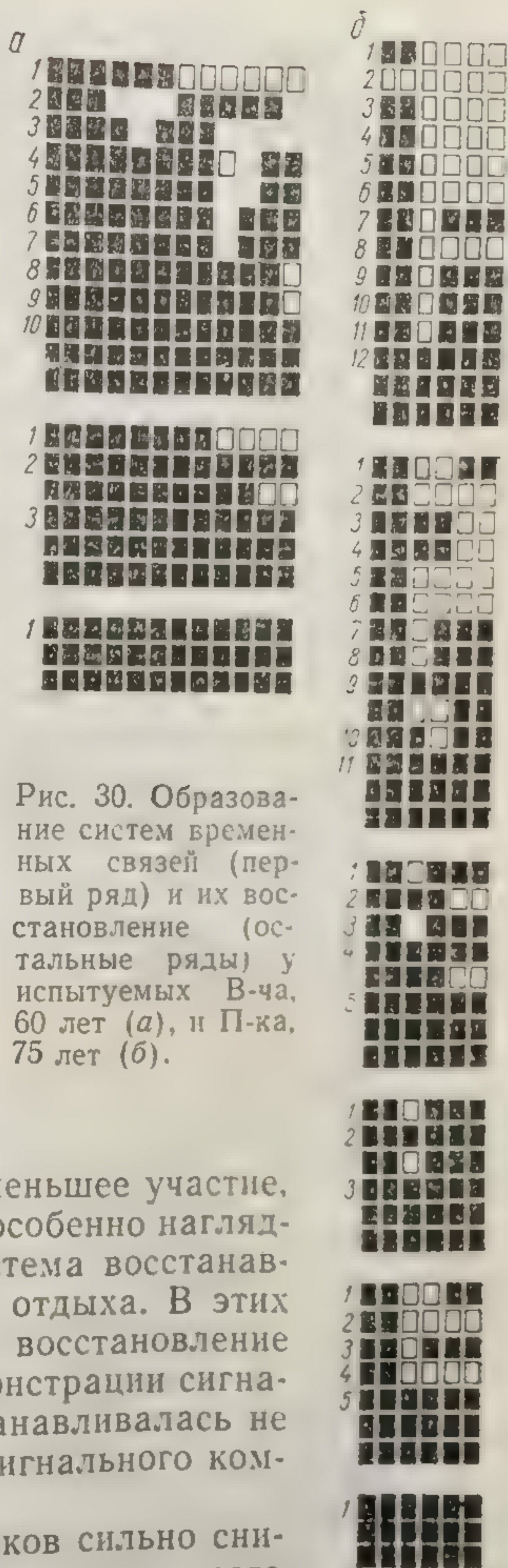


Рис. 30. Образование систем временных связей (первый ряд) и их восстановление (остальные ряды) у испытуемых В-ча, 60 лет (а), и П-ка, 75 лет (б).

ванные связи непрочны и слабо возбуждаются, а главное, у стариков небольшой заряд «творческого очага», который не может одновременно возбудить много временных связей.

В следующей серии опытов мы попытались выяснить влияние формирования новой системы на процесс восстановления системы.

Для этого испытуемому в течение нескольких дней демонстрировался один и тот же сигнальный комплекс до тех пор, пока он не воспроизводил систему после первой демонстрации сигналов. В следующем опыте у него формировалась система временных связей на новый сигнальный комплекс, а через две минуты восстанавливали прежнюю систему. По числу демонстраций сигнального комплекса для восстановления системы временных связей мы судили о влиянии образования новой системы на восстанавливаемую.

Таблица 9

Число демонстраций сигнального комплекса,
необходимых для образования системы и ее восстановления,
у испытуемых разного возраста
(более жирными цифрами отмечено количество демонстраций,
когда вырабатывалась новая система временных связей)

Количество испытуемых	Возраст испытуемых (в годах)	Число демонстраций при образо- вании системы	Дни восстановления системы							
			1	2	3	4	5	6	7	8
3	25	10	1	1						
4	25	12	1	3	1					
3	30	10	3	1	3	1				
2	65	12	4	1	2	1				
3	69	12	4	3	2	1	6	1		
3	70	11	13	3	2	1	9	3	1	
2	75	11	4	2,3	2	1	8	5,7	2	1

Из таблицы 9 видно, что у всех испытуемых 65—75 лет образование новой системы значительно задерживало восстановление прежней. Лишь у одного испытуемого задержка была незначительной. Некоторым испытуемым нужно было еще три дня демонстрировать один и тот же сигнальный комплекс, чтобы система восстановилась после первой демонстрации.

Если сопоставить описанные выше данные с данными, полученными у испытуемых 25—30 лет, то легко заметить, что у последних число демонстраций увеличивалось только на 2—3, а у некоторых совсем не изменилось. Нужно также принять во внимание еще то обстоятельство, что повторное восстановление системы у молодых испытуемых шло быстрее, чем у пожилых. Пожилые испытуемые за исключе-

Пожилые испытуемые, за исключением двух, после образования новой системы временных связей не узнали демонстрируемого ранее сигнального комплекса, а большинство молодых испытуемых заметили это сразу.

Таким образом, создание новой системы у стариков тормозит проявление ранее образованной, чего не бывает у молодых.

ПРОЯВЛЕНИЕ СЛИЧИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ ПРОЧНЫХ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ

В предыдущих разделах главы были сообщены результаты изучения сличительной функции коры головного мозга, развивающейся из вновь образованных временных связей. Эта сличительная функция проявляется только при мощном заряде «творческого очага», т. к. на проявление информации непрочных связей уходит много нервной энергии. Тем самым она отличается от другой сличительной функции, которая использует прочные временные связи.

Методика опыта, в котором исследовалась вторая сличительная функция, была следующей. У испытуемого образовывали короткую систему временных связей на 7-компонентный сигнальный комплекс. Затем эту систему укрепляли, с этой целью 5 испытуемых 18—20 лет ее воспроизводили 10 раз, а другие 5 человек того же возраста — 20 раз. Потом всем десяти испытуемым предлагалось освоить 100 7-компонентных сигнальных комплексов различной информации. После каждого пяти новых сигнальных комплексов демонстрировался закрепленный комплекс. Первые пять испытуемых в 70% случаев восприняли этот комплекс как знакомый и после его демонстрации воспроизвели информацию всех 7 компонентов, а в 30% случаев — информацию 5—6 компонентов. Другие пять испытуемых первый комплекс при каждой новой демонстрации всегда воспринимали как знакомый, пропуская информацию всех 7 компонентов.

В контрольном опыте сигнальный комплекс, на который не

создавалась система временных связей и который повторялся через каждые пять других, воспринимался испытуемыми как новый.

В результате подсчета количества правильных ответов у всех испытуемых получено: после демонстрации сигнальных комплексов, примененных впервые, осваивалось 75% компонентов, после подачи контрольного комплекса — 80%, после предварительного освоения и укрепления сигнального комплекса (10 воспроизведений) — 95%, а после 20-кратного его укрепления — все 100% компонентов. Следовательно, степень использования освоенной информации находится в прямой зависимости от прочности временных связей, несущих необходимую информацию.

Изучение сличительной функции прочных временных связей было также проведено при образовании сложных систем временных связей. Если сформированная система долго укреплялась (например, воспроизводилась 10—20 раз через каждые 2—5 минут), то и связи начинали проявляться менее, чем за 0,7 секунды. Через два дня эта система проявляется после первой же демонстрации сигнального комплекса.

Мы можем с полным основанием утверждать, что чем прочнее образованные связи, тем лучше используется их информация для приобретения новой информации. Мы можем сделать еще один чисто практический вывод: интенсивная сличительная функция коры головного мозга на основе прочных временных связей может продолжаться довольно долго, в то время как сличительная функция на основе вновь образованных временных связей быстро прекращается, если не наступает отдых.

Сличительная функция на основе прочных временных связей наиболее интенсивна при чтении знакомой нам научной или художественной литературы. В этих случаях мы только сопоставляем информацию, получаемую из книг, с той, которая имеется у нас в голове. Такие книги читаются без особого труда.

Сличительная функция на основе вновь образованных временных связей является ведущей при изучении мало знакомого материала, который сопоставляется с информацией, имеющейся в памяти. Это сопоставление идет с большим трудом и только в те моменты, когда человек не утомлен. Особенно быстро устает человек во время усвоения незнакомого материала. Такая работа не может продолжаться долго и требует частых перерывов.

ЗАКЛЮЧЕН

Процесс во
временных свя
завного моз
между ними
начинается
льным в это
формации не
ровать таку
Сличительн
вого матери
которые посту
сигнальный к
система, бо
спринималс
и образован
ступает в м
сигнального к
ания, в 20—
30—80% сл
В принцип
туплении инс
е разные эл
овами, взаи
е рецептор
По резуль
личного во
кция коры
евого макс
я, особенно
Повышени
тренировки
сличительной
На устан
вне и име
тияние мно
ших информ
сущие оди
формации
формации сх
Лучше в

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс восприятия и фиксирования новой информации во временных связях идет при ее сличении с уже имеющейся в коре головного мозга. Когда обнаруживается сходство информации, то между ними, благодаря сличительной функции головного мозга, начинается процесс взаимодействия и обобщения. Положительным в этом процессе является то, что после приобретения информации не нужно много нервной энергии, чтобы повторно фиксировать такую же информацию в новых временных связях.

Сличительная функция коры проявляется во время усвоения нового материала. Лучше всего взаимодействуют информации, которые поступают в мозг через одну рецепторную систему. Сигнальный комплекс, на который только что была сформирована система, большинством испытуемых в течение первого часа воспринимался как знакомый. Если же система временных связей образована на сигнальный комплекс, информация которого поступает в мозг через орган зрения, то информация этого же сигнального комплекса, поступающая через орган слуха или осязания, в 20—40% случаев воспринималась как новая и только в 60—80% случаев как знакомая.

В принципе такая же закономерность определяется при поступлении информации через разные сигнальные системы, а также разные элементы одного и того же анализатора. Другими словами, взаимодействие информации, поступающих через разные рецепторы, ослабляется.

По результатам исследований, проведенных на испытуемых различного возраста, можно сделать вывод, что сличительная функция коры головного мозга постепенно усиливается, достигая своего максимума к 20—30 годам. В дальнейшем она ослабляется, особенно после 60 лет.

Повышение функций анализаторов под влиянием специальной тренировки или трудовой деятельности способствует усилению сличительной функции коры головного мозга.

На установление взаимодействия информации, поступающих извне и имеющихся во временных связях, оказывают большое влияние многие факторы, в первую очередь, степень сходства этих информации. Быстрее всего взаимодействуют возбуждения, несущие одинаковую информацию, несколько медленнее — если информации одинаковы в начале, и еще медленнее — если информации схожи в конечной своей части.

Лучше всего обобщаются сходные информации, когда они

приобретаются в одинаковых условиях. В противном случае информации взаимодействуют с большим трудом.

Чем прочнее образованные временные связи, тем легче они возбуждаются, тем быстрее взаимодействует их информация с вновь поступающей информацией. Сличительная функция на основе вновь образованных временных связей проявляется слабо. Более сильная сличительная функция на основе укрепленных временных связей. Во многих опытах у испытуемых можно было ускорить проявление сличительной функции только благодаря укреплению связей. Таким образом, чем прочнее временные связи, тем сильнее проявляется сличительная функция головного мозга, тем лучше осваивается поступающая информация. Не случайно у детей и стариков плохо проявляется сличительная функция коры головного мозга, потому что у них в мозгу образуются очень слабые (по сравнению с прочностью связей испытуемых среднего возраста) временные связи.

На взаимосвязь сходных информаций влияет также время поступления информации. Через 30 минут, час или даже два часа после образования системы временных связей на какой-то сигнальный комплекс этот комплекс в 90% случаев воспринимался людьми молодого и среднего возраста как знакомый. Спустя два дня он в 30% случаев воспринимался ими как новый. Следовательно, у этих испытуемых временные связи частично исчезли, стали медленнее возбуждаться, а это, в свою очередь, значительно ослабило взаимодействие поступающей информации с уже имеющейся. Чем больше времени проходит после образования системы, тем больше исчезало составляющих ее связей и тем медленнее оставшиеся связи вступают во взаимодействие с вновь поступающей информацией. Но чем больше укреплялась система временных связей, тем медленнее угасают ее связи, тем легче проявлялась сличительная функция коры головного мозга.

При освоении нового материала, пока не наступило утомление и заряд «творческого очага» быстро восстанавливается, хорошо проявляются две корковые функции: замыкательная и сличительная. При утомлении заряд «творческого очага» восстанавливается не полностью, возникает дефицит нервной энергии. В этих случаях энергией обеспечивается только замыкательная функция, а сличительная функция мозга, для которой необходим больший заряд «творческого очага», прекращается. Таким образом, развившееся утомление больше всего сказывается на сличительной функции и меньше — на замыкательной.

Глава II
УЧАСТИЕ Р
И НЕКОТОР
В УМСТВЕН

РОЛЬ АНАЛИ
КОРЫ ГОЛОВ

По нашему
ионирующих
ые недостатки
дельных учас
том нарушает
ичными свойс
метод, вследст
поражаются об
принимаем мето
ков мозга. Но
ние вовлекают
е электричес
ическим возбу

В последне
ваний функци
ческих потен
ность головн
рируются пер
ров. Эти мето
ного интере
ований для
ющих замык
тому что с по
дения о рабо
отдельные ф
ных клеток,
ния в мозгу,
ние о работе
мощью каж
дений, но не

Глава пятая

УЧАСТИЕ РАЗЛИЧНЫХ НЕРВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА В УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

РОЛЬ АНАЛИЗАТОРОВ В ЗАМЫКАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

По нашему мнению, современные способы определения функционирующих отделов коры головного мозга имеют существенные недостатки. Так, широко применяемые различные удаления отдельных участков коры оказались довольно грубыми, т. к. при этом нарушается целостность структур мозга, наделенных различными свойствами. Этим же недостатком страдает клинический метод, вследствие того, что патологическим процессом зачастую поражаются образования мозга с различными функциями. Более приемлем метод электрического раздражения отдельных участков мозга. Но и у него есть недостаток: в вызываемое возбуждение вовлекаются образования с различными функциями, к тому же электрический ток сам по себе не является для них специфическим возбудителем.

В последнее время все больше и больше проводится исследований функций головного мозга с помощью регистрации электрических потенциалов. При этом записываются как общая активность головного мозга — электроэнцефалография, так и регистрируются первичные ответы клеток при раздражении рецепторов. Эти методы успешно развиваются. Благодаря им получено много интересного материала. Несмотря на это, до сих пор исследований для уточнения локализации структур, прямо выполняющих замыкательную функцию мозга, сделано очень мало, потому что с помощью энцефалографии получают суммарные сведения о работе головного мозга, по которым трудно выявить его отдельные функции. Регистрация единичных потенциалов нервных клеток, наоборот, отражает исключительно локальные явления в мозгу, которых недостаточно, чтобы составить представление о работе целостных образований коры головного мозга. С помощью каждого метода можно получить много интересных сведений, но не одним из них нельзя выявить функционирующие от-

дела коры головного мозга. По-видимому, придется еще долго ждать появления такого совершенного метода, с помощью которого можно будет сразу разрешить эту проблему. Но уже сейчас нужно разрабатывать методы исследований, которые не заменяли бы существующие, а помогали изучать с других сторон функции коры головного мозга.

В своих экспериментах мы также попытались разработать метод исследования, с помощью которого можно было бы определить локализацию образований головного мозга, обеспечивающих замыкательную функцию. Требовалось, чтобы во время исследования не нарушалась структура функционирующего образования. Для этих целей лучше всего подошел метод максимальных нагрузок на работающие системы. Сначала мы подбирали вид работы, свойственный для функции исследуемых образований. Для замыкательной функции коры головного мозга является освоение нового материала, т. е. образование новых временных связей. По изменению функции работающих систем и по степени падения их работоспособности определяли нервные образования, которые при такой деятельности несут наибольшую нагрузку. Другими словами, те образования, работоспособность которых больше всего снижалась, выполняют эту функцию.

Этот метод является логическим продолжением наших предыдущих методов исследования. Результаты опытов, проведенных по такой схеме, могут быть поняты только на основе данных о функциях мозга, которые были получены другими методами. Исследованиями было установлено, что метод максимальных нагрузок оказался очень эффективным при одновременной электроэнцефалографии мозга.

Почти все исследователи нашей страны предполагают, что временные связи образуются в корковых отделах анализаторов. Однако до сих пор это остается предположением. Поэтому точное определение места образования временных связей является проблемой первостепенной важности.

Нами опубликовано несколько работ по изучению особенностей функционирования анализаторов при формировании сложных систем временных связей (1957, 1959, 1961), в которых мы показали, что системы временных связей, образованные через разные анализаторы, в разных случаях по-разному взаимодействуют между собой. Наконец, мы пришли к выводу, что процесс взаимодействия информации сформированных систем осуществляется благодаря «творческому очагу», который возбуждает всю кору головного мозга.

Осталось невыясненным, как функционируют звенья анализатора при формировании сложных систем, какие отделы аналитичности.

Чтобы установить это, мы проводили специальные исследования. В каждом опыте у испытуемых формировались по три системных временных связей на три сигнальных комплекса. Один сигнальный комплекс демонстрировался вспышками света, второй — короткими сигналами от звукогенератора (частота — 800 герц) и третий — прикосновениями к коже конечности баллончиком. Для создания одинаковых условий работы для каждого анализатора мы в каждом новом опыте начинали создавать системы временных связей то с демонстрации светового, то звукового, то тактильного сигнального комплекса. Каждый раз перед формированием новой системы делался 5—10-минутный перерыв.

В первые дни исследования испытуемый знакомился с обстановкой опытов. В этот период его приучали поочередно осваивать различные световые, звуковые и тактильные сигнальные комплексы, а спустя 4—5 дней начинали настоящие опыты: сначала формировали систему временных связей на световой сигнальный комплекс, через 5 минут после ее образования создавали систему на звуковой сигнальный комплекс, а затем, через следующий 5-минутный перерыв, — на тактильный. Для каждого сигнального комплекса подбирались новая информация.

Сигнальные комплексы были такой сложности, чтобы испытуемый мог их освоить в течение 5—8 демонстраций. Чтобы задания для испытуемого всегда были одинаковой трудности, мы все время усложняли сигнальные комплексы путем увеличения числа компонентов.

После статистической обработки результатов 5 опытов на 10 испытуемых было установлено, что разница в скорости образования систем временных связей на световые, звуковые и тактильные сигнальные комплексы отсутствует. Для создания систем временных связей на световой сигнальный комплекс понадобилось в среднем $6,7 \pm 1,7$ демонстраций, на звуковой комплекс — $6,8 \pm 1,8$ и на тактильный комплекс — $6,7 \pm 1,6$ демонстраций.

Не обнаружено разницы и в самом формировании систем на световой, звуковой и тактильный сигнальные комплексы (см. рис. 31).

Из представленных диаграмм испытуемого И-а следует, что в

образовании всех трех систем временных связей есть много сходства. В каждой из них сначала закрепляется информация первых, затем — по мере увеличения демонстраций — средних и, наконец, — через 4—6 демонстраций сигнального комплекса — последних компонентов комплекса. После первых демонстраций сигнального комплекса осваиваются по 3—4 сигнала, а дальше — по 1—2 компонента после каждой новой демонстрации сигналов. Влияние предыдущей системы на последующие было сведено до нуля, потому что в каждом новом опыте менялась очередность демонстраций различных сигнальных комплексов.

На основании полученных данных мы пришли к выводу, что в формировании сложных систем временных связей через эти анализаторы существенной разницы нет. Анализаторы не вносят особых изменений в процесс развития замыкательной функции коры головного мозга. Как скорость формирования системы через зрительный, звуковой и тактильный анализаторы, так и характер образования новых связей при этом остаются одинаковыми.

Но так ли будет формироваться система временных связей, если сигнальный комплекс будет адресован одновременно всем трем анализаторам?

Для разрешения этого вопроса была проведена следующая серия опытов. Отличием этой серии опытов от предыдущей было то, что некоторые сигнальные комплексы подавались через 3 разных рецептора. Такой сигнальный комплекс демонстрировался поочередно светом, звуком и тактильным раздражением, т. е. испытуемый воспринимал информацию сигнального комплекса через три анализатора — зрительный, звуковой и тактильный.

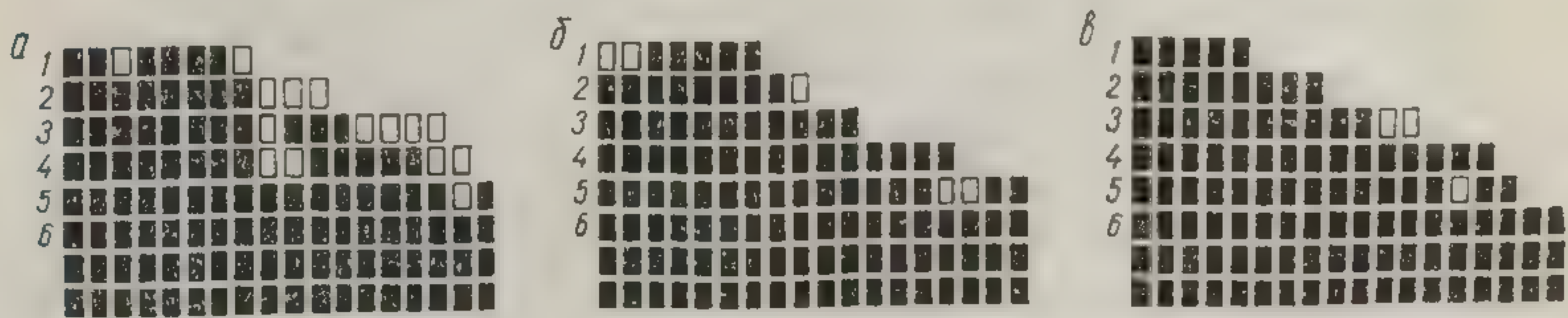


Рис. 31. Формирование систем временных связей у испытуемого II-a на световой (а), звуковой (б) и тактильный (в) сигнальные комплексы (каждый черный прямоугольник соответствует правильному ответу на сигнал, каждый белый прямоугольник — неправильному ответу на сигнал; слева указан порядковый номер повторения демонстрации сигнального комплекса).

Сперва это затрудняло ведение исследований, т. к. для испытуемых все было непривычным, но через 2—3 опыта образование системы шло обычным путем. Судя по результатам опытов, системы временных связей через три анализатора также формировались постепенно. Сначала осваивались первые, затем — по мере увеличения демонстраций — средние и, наконец, — последние компоненты сигнального комплекса. При первых демонстрациях сигнального комплекса образовывалось по 3—4, а при следующих демонстрациях — по 1—2 временной связи. При сравнении процесса формирования системы временных связей через три анализатора с процессом образования системы через один анализатор нам не удалось обнаружить статистически достоверных различий. Всегда выявлялись однотипные закономерности формирования систем временных связей. Это еще раз подтверждает ранее высказанное предположение, что образования систем временных связей не зависят от специфики анализаторов.

В этих опытах у испытуемых замыкательная функция коры головного мозга развивалась в условиях «долгосрочной памяти». Новые связи образовывались при возбуждении созданных.

Чтобы лучше установить зависимость замыкательной функции от типа анализатора, необходимо проверить данные, полученные и при другом виде замыкательной функции, например, развивающейся в условиях «краткосрочной памяти». Может быть для данной замыкательной функции коры головного мозга имеет значение тип анализатора?

Поэтому была проведена новая серия опытов, в которой системы временных связей образовывались на короткие сигнальные комплексы. Сначала испытуемый осваивал 20 8-компонентных сигнальных комплексов, демонстрируемых светом, а через 5 минут — 20 новых 8-компонентных комплексов, демонстрируемых звуком. Через следующие 5 минут он осваивал еще 20 новых 8-компонентных комплексов, демонстрируемых тактильными раздражениями. Таким образом, в первых опытах сигнальные комплексы осваивались через зрительный, затем — через слуховой и, наконец, — через тактильный анализатор. В дальнейшем их освоение начиналось с демонстрации слуховых, а затем и тактильных комплексов.

Было проведено 10 таких опытов на 5 испытуемых, которые осваивали в среднем по $5,3 \pm 0,8$ компонента из каждого светового сигнального комплекса. При демонстрации звуковых сигнальных комплексов они освоили $5,3 \pm 0,9$ компонента и $5,3 \pm 0,7$ компонентов — при подаче тактильных сигнальных комплексов. Мы

не обнаружили статистически достоверной разницы в скорости освоения сигнальных комплексов, адресуемых разным анализаторам. Следовательно, возможности замыкательной функции коры головного мозга при освоении информации в условиях «краткосрочной памяти» тоже не зависят от анализаторов.

Подводя итоги данным проведенных опытов, необходимо признать следующее: образуемые системы временных связей как в условиях «долгосрочной памяти», так и при «краткосрочной памяти» формируются одинаково через зрительную, слуховую и тактильную рецепторную систему. Разница в скорости образования систем через три анализатора небольшая и статистически недостоверная. Только у некоторых испытуемых долгое время наблюдалось более быстрое создание системы через какой-то один анализатор. Эта разница была небольшой и часто исчезала при тренировке нервных процессов.

Таким образом, для развития замыкательной функции коры головного мозга не имеет никакого значения, через какой анализатор поступает информация, т. к. через любой анализатор в мозгу фиксируется одинаковый объем поступающей информации за определенный срок.

Итак, системы временных связей формируются одинаково через разные анализаторы. Но какова же роль коркового отдела самого анализатора в замыкательной функции?

Согласно существующей теории, корковый конец анализатора принимает непосредственное участие в образовании временных связей, в нем происходит высший анализ раздражителей, воспринимаемых рецепторами периферического конца анализатора.

Если придерживаться этой точки зрения, то тогда нужно признать, что у человека есть несколько автономных анализирующих систем (соответственно числу анализаторов), обеспечивающих образование и анализ временных связей. Поскольку каждый из анализаторов воспринимает только определенный вид энергии (световой, звуковой или другой), то, естественно, у каждого из них должны быть свои особенности в скорости образования временных связей и проведении анализа поступающих сигналов.

Однако результаты наших исследований свидетельствуют не в пользу этих представлений. Не обнаружено никаких особенностей анализаторов, которые бы влияли на характер формирования систем временных связей. Эти данные заставляют сомневаться в общепринятой точке зрения, что временные связи образуются в корковом отделе анализатора. Поэтому были проведены дополнительные исследования. Была разработана такая

Рис. 32. Образовательная условность систем

методика оп-
временных с-
комплекс, д-
очень сложн-
(прекращал-
формироват-
анализатор-
Ставя э-
щих сообра-
тельном ан-
сильное ут-
должна по-
системы. Е-
вания пред-
ковом отд-
Результ-
ного из ис-
сигнально-
менных с-

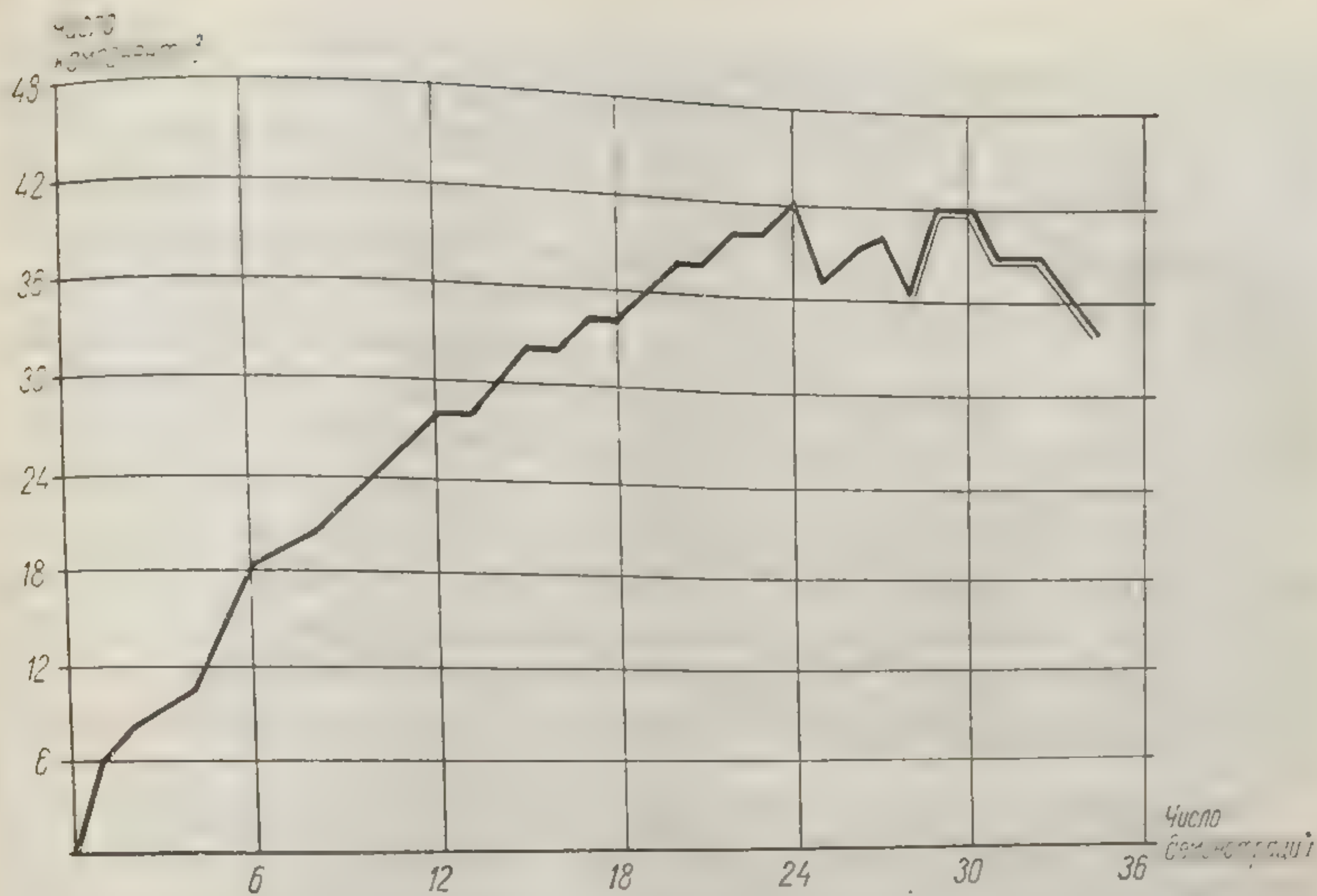


Рис. 32. Образование системы временных связей у испытуемого Р-о на постепенно усложняющийся сигнальный комплекс (одной линией обозначен рост системы на световые сигналы, двумя линиями — на звуковые сигналы).

методика опыта: у испытуемого формировали сложную систему временных связей на постепенно увеличивающийся сигнальный комплекс, демонстрируемый светом. Когда система становилась очень сложной и у испытуемого развивалось сильное утомление (прекращалось образование новых связей), мы продолжали формировать эту систему, но уже через другой — слуховой — анализатор путем демонстрации звуковых сигналов.

Ставя этот опыт на 6 испытуемых, мы исходили из следующих соображений: система временных связей образуется в зрительном анализаторе, в результате работы которого развилось сильное утомление, поэтому замена его слуховым анализатором должна положительно сказаться на дальнейшем формировании системы. Если это не даст ожидаемого эффекта, будут все основания предположить, что временные связи замыкаются не в корковом отделе анализатора, а где-то в другом месте.

Результаты опытов оказались однотипными. Диаграмма одного из испытуемых (Р-о), у которого в течение 24 демонстраций сигнального комплекса равномерно формировалась система временных связей, представлена на рисунке 32. При каждой демон-

страции сигнального комплекса у него появлялось около двух новых связей. К 24-й демонстрации система состояла из 42 связей. При следующих четырех демонстрациях сигнального комплекса новые связи не образовывались, они только исчезали и восстанавливались. С этого времени начали формировать эту систему через другой — слуховой — анализатор. Через две демонстрации сигнального комплекса она восстановилась только до того уровня, который был при подаче 42 связей. Дальше система временных связей не формировалась, а, наоборот, — постепенно разрушалась.

У других испытуемых было примерно то же. Правда, были случаи, когда замена одного анализатора другим приводила к усилению интенсивности формирования системы, но оно было очень незначительным и статистически недостоверным, потому что такие же явления наблюдались у него и без замены анализатора.

Таким образом, утомление, развившееся при формировании системы временных связей через один анализатор, не снимается при продолжении образования этой же системы через другой анализатор.

С целью изучения роли анализаторов в замыкательной функции коры головного мозга в условиях «краткосрочной памяти» на 5 испытуемых были проведены опыты с образованием большого количества коротких систем. Первые 90 сигнальных комплексов были световыми, следующие десять — звуковыми, а 102—126-й сигнальные комплексы — опять световыми.

Проводя эти опыты, мы исходили из тех же соображений, что и в предыдущих опытах. Мы полагали, что после того как вследствие утомления ослабится замыкательная функция зрительного анализатора, во время функционирования слухового анализатора замыкательная функция должна опять усилиться, поскольку последний анализатор не участвовал в работе. Другими словами, мы исходили из аналогии определения функционирования двух органов: когда во время работы сильно устает одна рука, то вторая рука начинает выполнять эту работу с большей интенсивностью.

Однако замена одного анализатора другим существенно не сказалась на замыкательной функции коры головного мозга. Так, в течение 10 демонстраций (с 80-й по 90-ю) светового сигнального комплекса осваивалось по $5,1 \pm 1,0$ компонента из каждого комплекса, в следующие 10 демонстраций сигнального комплекса, подаваемых звуком, — по $4,9 \pm 0,9$ компонента и за

10 очередных демонстраций светового сигнального комплекса — по $4,8 \pm 0,9$ компонента из каждого комплекса. Таким образом, замыкательная функция постепенно снижалась вследствие снижения работоспособности клеток коры головного мозга. Следовательно, замена одного анализатора другим в период освоения информации коротких сигнальных комплексов не влияет на работоспособность коры головного мозга.

Общезвестно, что во время тренировки больше всего совершенствуется та система, которая выполняет наибольшую работу. Это свойство организма мы использовали в опыте с определением роли анализатора в замыкательной функции коры головного мозга. Изучая роль анализаторов в замыкательной функции коры головного мозга, необходимо было выяснить: может ли повышенная работоспособность человека, приобретенная в процессе освоения материала через зрительный анализатор, влиять на функции слухового анализатора?

Исследование было проведено на 6 учениках VI класса 13—14 лет (1962). Ознакомив их с условиями опытов, мы приступали к формированию двух систем временных связей у каждого испытуемого на 6-компонентные сигнальные комплексы, которые демонстрировались светом и звуком. На следующий день у испытуемых создавали сначала систему временных связей на 10-компонентный звуковой сигнальный комплекс, а через час — систему временных связей на 10-компонентный световой сигнальный комплекс. Обе системы образовывались в одинаковых условиях. В течение следующих семи дней создавали системы временных связей только на световые сигнальные комплексы, чтобы тренировать зрительный анализатор. Процесс формирования систем временных связей значительно ускорился. Если в первый день тренировки у испытуемых в течение 6—8-й демонстрации комплекса можно было образовать систему временных связей из 10 компонентов, то на седьмой-восьмой день за то же количество демонстраций формировалась система из 20 компонентов. Следовательно, благодаря семидневной тренировке значительно повысились функции коры головного мозга.

На восьмой день тренировки были сформированы две системы временных связей: одна — на звуковой, другая — на световой сигнальный комплекс. У всех шести испытуемых система временных связей на звуковой сигнальный комплекс образовалась так же быстро, как и на световой (в течение 6—8 демонстраций). Несколько позже (1963) аналогичные данные были получены в нашей лаборатории В. А. Иосифовой.

Таким образом, способность зрительного анализатора благодаря тренировке образовывать большое число временных связей обнаружена и в слуховом анализаторе. Система временных связей на звуковые сигналы формировалась так же быстро, как и на световые сигналы, хотя в течение семи дней мы тренировали только зрительный анализатор.

Для окончательного выяснения роли анализаторов в замыкательной функции коры головного мозга была проведена еще одна серия опытов, в которой мы хотели определить степень функционирования анализатора как рецепторной системы независимо от замыкательной функции коры головного мозга. В частности, нужно было узнать, может ли функционировать система, воспринимающая сигналы, после того как другая система, образующая связи, временно прекратила свои функции вследствие развивающегося утомления.

Ответы на эти вопросы были получены в опыте, в котором определялись возможности испытуемого воспринимать сигналы, которые он не в состоянии освоить. Для этого у него формировалась усложняющаяся система временных связей. Когда наступало утомление и испытуемый уже не мог освоить новые сигналы, ему предлагалось отмечать воспринимаемые компоненты увеличивающегося сигнального комплекса ударами по регистрационным площадкам. Это задание он выполнял легко.

Следовательно, как рецепторная система — анализатор (воспринимающая сигналы), так и эффекторная система (отвечающая на сигналы) продолжают нормально функционировать, тогда как корковые образования, в которых замыкались новые связи, в результате утомления, вызванного удержанием большого числа вновь образованных временных связей, прекратили свою работу.

Подводя итог результатам описанных серий опытов, мы пришли к выводу, что в корковом отделе анализатора временные связи не замыкаются. Он только является каналом, по которому поступает информация. В нем световые и звуковые раздражения преобразовывались рецепторами в возбуждение, которое, по-видимому, передавалось в другие корковые образования. Поэтому замена одного анализатора другим существенно не сказывалась на работоспособности замыкательной функции коры. Если бы анализатор участвовал в замыкании связей, то его функция должна была снизиться. В этих случаях его замена другим анализатором, до этого не участвовавшим в работе, способствовала бы увеличению числа образующихся временных связей.

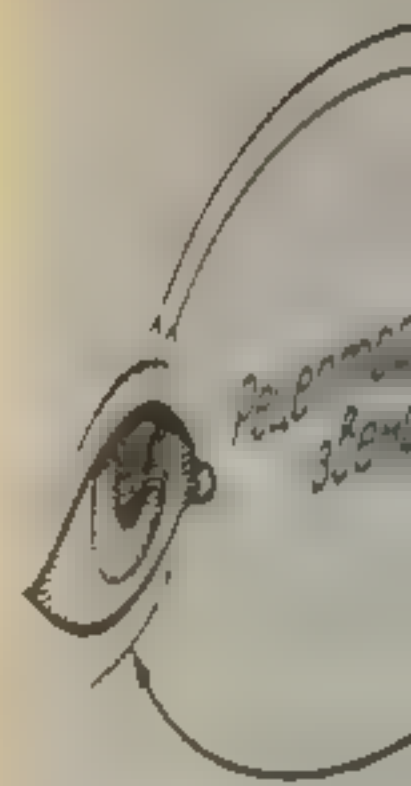


Рис. 33. Схема рецепторной системы, а один из анализаторов; 2 — ассоциативная система.

Итак, на основе экспериментальных исследований установлено, что единицы произвольной рефлекторной системы, из них могут выступать во взаимодействие. Во всех отделе с промежуточными представителями, которые вызывают в корковом отделе импульсы. В этом (по Брэдфорду, 1954) и другие психические раздражения в мозге (по Брэдфорду, 1950). Эти раздражающие стимулы красные и фиолетовые мерцающие световые лучи, движущиеся по кругу, бесцветные.

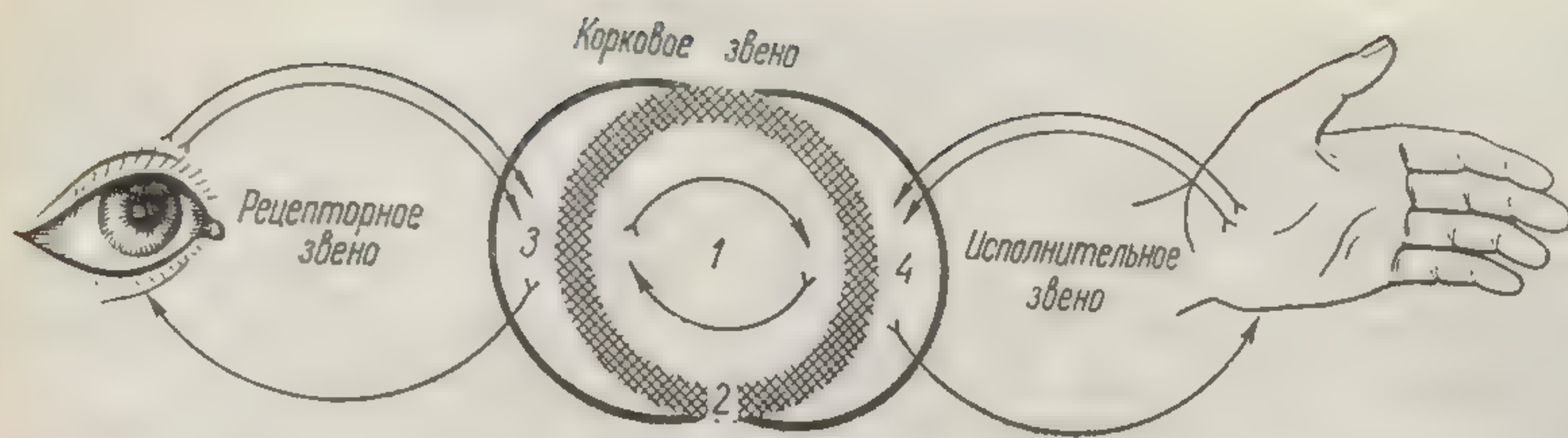


рис. 33. Схема рефлексной цепи (двойными линиями изображены чувствительные, а одинарными — двигательные пути): 1 — общекорковый анализатор; 2 — ассоциативные образования; 3 — корковое представительство рецепторной системы; 4 — корковое представительство эффекторной системы.

* * *

Итак, на основе литературных данных и собственных экспериментальных исследований можно представить модель основной единицы произвольной деятельности нервной системы в виде рефлексной цепи, состоящей из трех колец (см. рис. 33). Каждое из них может самостоятельно функционировать, а также вступать во взаимодействие с другими звеньями.

Во всех отделах сенсорного звена (рецепторе, проводящих путях с промежуточными нервными образованиями, в корковом представительстве) внешняя энергия преобразуется в физиологическое возбуждение, которое передается в кору головного мозга. В корковом представительстве рецепторных систем поступившие импульсы создают ощущение света, звука, тепла, холода и др. В этом нас убеждают данные исследований W. Penfield (1954) и других ученых, которые показали, что корковые сенсорные представительства обеспечивают только элементарные психические ощущения энергии внешних раздражителей. При раздражении полей 17—19 затылочной области коры головного мозга (по Бродману) у больных появлялось ощущение яркого света, различной окраски и темноты (W. Penfield, T. Rasmussen, 1950). Эти ощущения они воспринимали как вспышки света, прыгающие огоньки, яркий свет, звезды, колеса, сине-зеленые и красные диски, желтовато-коричневые и голубые огоньки, цветные мерцающие шары, излучающие свет серые точки, которые становятся ярко-розовыми и голубыми, длинную белую полосу, становятся ярко-розовыми и голубыми, длинную белую полосу, тени, движущиеся вверх и вниз, коричневые квадраты, черные круги, бесцветные звезды. Повторное раздражение одной и той

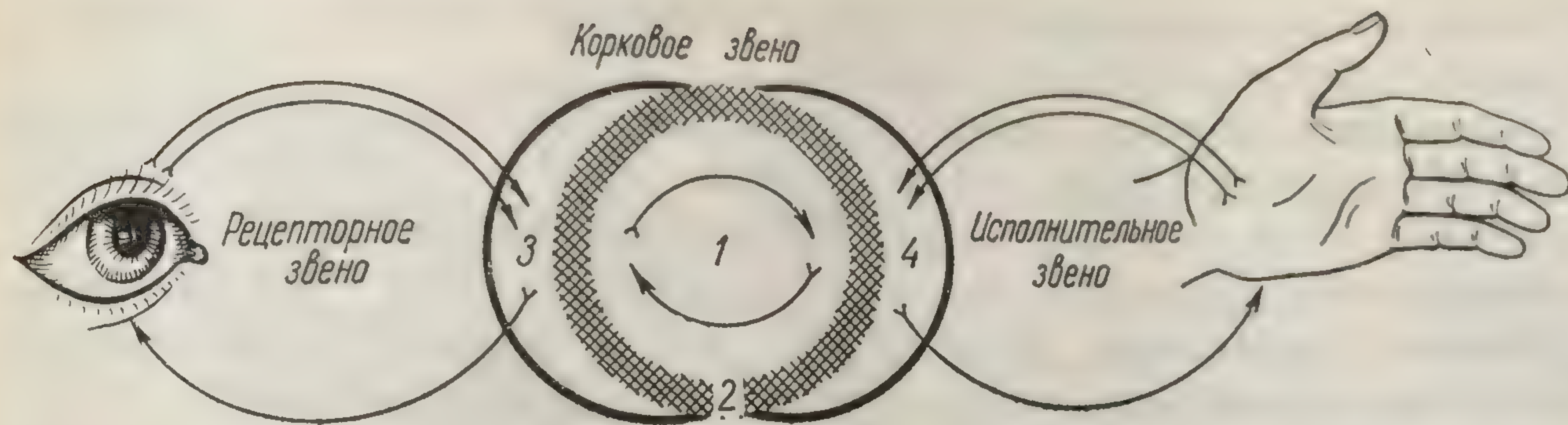


Рис. 33. Схема рефлекторной цепи (двойными линиями изображены чувствительные, а одинарными — двигательные пути): 1 — общекорковый анализатор; 2 — ассоциативные образования; 3 — корковое представительство рецепторной системы; 4 — корковое представительство эффекторной системы.

* * *

Итак, на основе литературных данных и собственных экспериментальных исследований можно представить модель основной единицы произвольной деятельности нервной системы в виде рефлекторной цепи, состоящей из трех колец (см. рис. 33). Каждое звено этой цепи должно самостоятельно функционировать, а также

же области мозга в большинстве случаев вызывало у больных те же самые зрительные ощущения.

Ощущения звука у людей возникло при раздражении верхней височной извилины по краю задней трети сильевой борозды (поле 41 и 42 — по Бродману). Ученые обнаружили, что при раздражении этих областей, больные слышали звон, гудение, треск, шуршание, чириканье, жужжание, стук, стрекотание сверчка, шум ветра, гул проходящего поезда, хлопанье дверей.

Таким образом, все эти сенсорные представительства обеспечивают только простые психические ощущения — света, звука, движения и др., — но никогда не создают образа.

Результаты экспериментов многих исследователей свидетельствуют о том, что функции этих корковых представительств — врожденные и одинаково проявляются как у ребенка, так и у взрослого человека.

По изложенным выше данным, мы предполагаем, что временные связи образуются не в корковом отделе рецепторной системы, а в другом отделе коры головного мозга, который благодаря замыкательной и сличительной функциям обеспечивает высшие психические процессы: создание образов, их фиксирование, а также формирование нервных связей, объединяющихся в системы. Это должен быть самый большой отдел коры головного мозга, его можно назвать единым общекорковым фиксатором и анализатором.

Представительства сенсорных функций локализуются в определенных участках коры головного мозга и хорошо выявляются при ее электрическом раздражении. По-видимому, общекорковый анализатор занимает лобные и все промежуточные области между сенсорными представительствами, а также более глубокие слои коры больших полушарий. Он должен быть одинаково связан со всеми сенсорными представительствами, имеющимися в коре. Вероятно, эту связь осуществляют всевозможные ассоциативные нервные образования, которые также являются довольно самостоятельной саморегулирующейся системой.

Наша точка зрения на локализацию функционирующих систем в коре головного мозга очень близка той, которой придерживается К. Goldstein (1942, 1948). Этот ученый пришел к выводу, что периферия коры головного мозга состоит из скоплений специализированных нервных клеток, а в центральной ее части нервные клетки эквипотенциальны. Если в периферической части коры проходят элементарные психические процессы, то в центральной части — самые сложные, например, абстрактное мышле-

ние. При поражении периферии коры головного мозга нарушаются «средства» психической деятельности, тогда как при поражении центральной части изменяется «категориальное поведение». Величина поражения центральной части коры определяет степень нарушения «категориального поведения». Чем больше поражена центральная часть коры головного мозга, тем больше снижается способность образовывать сложные «динамические структуры».

Мы больше всего склоняемся к тому, что периферические образования коры головного мозга, в которых находятся сенсорные представительства, вообще не в состоянии создавать ни сложных, ни простых образов. Последние образуются исключительно в центральном отделе коры головного мозга.

Большинство советских физиологов считает, что та область коры головного мозга, в которой создаются образы, замыкаются временные связи и осуществляется высший анализ, органически связана с рецепторной системой и является как бы единой. По нашему же мнению, она отделена от коркового представительства рецепторной системы и составляет своего рода автономное образование, которое через дополнительную систему связывается со всеми рецепторными системами. С самими же рецепторами постоянно связано только их корковое представительство.

В заключение мы еще раз проследим за всеми процессами восприятия и переработки информации в нервной системе согласно сложившимся у нас представлениям.

При действии на рецепторы внешней энергии в последних возникает возбуждение, которое передается в сенсорное представительство коры головного мозга. В нем возникает ощущение света, звука, движения и др. (в зависимости от того, с каких рецепторов пришло возбуждение). Затем возбуждение проходит через ассоциативную систему и поступает в общекорковый анализатор. Здесь создаются образы и формируются всевозможные временные связи. Так в головном мозгу фиксируется информация.

Возбуждение, возникшее в общекорковом анализаторе, передается в моторное представительство коры головного мозга, а оттуда — уже через нервные проводники — на периферию к мышцам. Таким образом, информация, содержащаяся во временных связях, вследствие распространения возбуждения начинает проявляться движениями человека.

Моторное представительство коры головного мозга, как и сенсорное представительство, связывается с общекорковым анализатором через ассоциативную систему.

Процесс взаимодействия информации образованных систем

осуществляется благодаря «творческому очагу», который охватывает в своей деятельности всю кору.

Таким образом, описанные в этой главе исследования были проведены с целью изучения функций общекоркового анализатора, который образует временные связи и сопоставляет их информацию. Именно этот анализатор чаще всего выполняет самую большую работу, тогда как рецепторное звено при данном виде деятельности легко воспринимает и передает сигналы, которые действуют на рецепторы. При этой работе небольшая нагрузка приходится и на эффекторное звено.

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ

Начиная с работ R. Caton (1875) и В. Я. Данилевского (1876) ведется изучение электрических потенциалов головного мозга. Исследователи обнаружили, что в мозгу непрерывно и ритмично возникают потенциалы смешанного типа и относительно низкой частоты. В дальнейшем было установлено, что их величина зависит как от состояния самого организма (сонное или бодрствующее), так и от воздействия на организм внешних раздражителей. Было замечено, что при восприятии света у человека происходит депрессия альфа-ритма (E. Adrian, 1934), при раздражении проприорецепторов — депрессия роландического ритма (А. Гасто и др., 1957) биотоков головного мозга.

G. Durup, A. Fessard (1935) установили, что депрессию альфа-ритма можно вызвать условнорефлекторно. Для этого необходимо многократно сочетать подачу звука с включением света. М. Н. Ливанов (1940) сочетанием звукового раздражителя с ритмическим световым вызывал соответствующие ритмические колебания потенциалов мозга. Таким образом, была доказана возможность изменения величины электрических потенциалов головного мозга условнорефлекторным путем.

Много исследований было посвящено изучению изменений электрической активности головного мозга при образовании условных рефлексов (П. И. Шпильберг, 1941; H. Jasper, C. Shagel, 1941; R. Khott, C. Henry, 1941; И. И. Лаптев, 1949; В. С. Русинов, 1955; А. Б. Коган, 1956; H. Gastaut, 1957, и другие). По данным М. Н. Ливанова и его сотрудников (1947, 1951, 1962), замыкание временных связей у кроликов сопровож-

дается возникновением синхронизированных биоэлектрических колебаний коры головного мозга. Эти синхронизированные колебания биотоков определялись как по поверхности коры, так и в глубине ее. Появляясь при первых сочетаниях раздражителей и в дальнейшем усиливаясь, эти явления затем вновь ослабевают после закрепления условного рефлекса. F. Morrel, H. Jassier (1955) при образовании у обезьян условного рефлекса на звук и ритмический свет определяли сначала фазу условнорефлекторной блокады альфа-ритма, а затем — ее концентрацию в зрительной области.

Г. Т. Сахнулиной (1961), при изучении сложных форм условнорефлекторной деятельности у собак, обнаружена стойкая высокочастотная электрическая активность коры головного мозга, которая проявлялась и удерживалась в фазе образования условных рефлексов.

Изменение электрической активности коры, в частности депрессии альфа-ритма, по мнению многих ученых, является результатом активизирующего влияния ретикулярной формации на кору головного мозга (R. Morison, 1941; R. Morison, E. Dempsey, 1942; G. Moruzzi, H. Magoun, 1949; Н. В. Голиков, 1957; П. К. Анохин, 1958, и другие).

Л. Г. Трофимов, Н. Н. Любимов и Т. Е. Наумова (1957) обнаружили в начале выработки условного рефлекса изменения электрической активности всех структур коры и подкорки. По мере упрочения условного рефлекса у животных раньше всего уменьшается степень участия в этом процессе ретикулярной формации. В дальнейшем наиболее выраженные изменения выявляются в специфических афферентных системах мозга.

С первых шагов использования электроэнцефалографии у человека было отмечено влияние на характер записи психических процессов: концентрация внимания, эмоции, умственная работа — все это вызывает изменение электрической активности головного мозга. А. В. Воробьев и Н. Н. Дзидзишвили (1943) отмечали изменения электрических потенциалов в лобных и затылочных областях коры при запоминании и воспроизведении слов.

На сегодняшний день накоплено много фактов, свидетельствующих о различных изменениях электрических потенциалов головного мозга при умственной деятельности человека. Возникло много различных суждений, зачастую противоположных. Так, S. Kripkowski (1954), изучая биопотенциалы головного мозга у студентов в период 20-минутного счета, пришел к вы-

воду, что при умственной работе увеличивается амплитуда альфа-волн, а Z. Bujaš, B. Petz, A. Kraković (1953), проведя аналогичные исследования, высказали противоположное мнение, что во время умственной работы (решение в уме задач) альфа-ритм уменьшается.

По результатам проведенных нами исследований (И. А. Кулак, 1961, 1962; и Л. А. Гуринович, 1966) было установлено, что во время образования сложной системы временных связей у человека изменяется электрическая активность головного мозга. У одних испытуемых частота и амплитуда колебаний биопотенциалов резко увеличивается, у других — проявляется ярко выраженной депрессией альфа-ритма.

Проанализируем изменения альфа-ритма у 20 испытуемых 25—28 лет, у которых производилась регистрация биопотенциалов коры головного мозга, отводимых от кожи головы, пока формировалась сложная система временных связей. Испытуемый находился в экранированной затемненной камере. Сигналы ему подавались через систему связи словами или тактильными раздражениями кожи конечностей. Ответные реакции регистрировались на ленте под энцефалограммой.

Характерная энцефалограмма испытуемого Г-го представлена на рисунке 34. У него при первой демонстрации 15-компонентного сигнального комплекса во всех отведениях наступила почти полная депрессия альфа-ритма. Альфа-ритм отмечался только до демонстрации сигнального комплекса. При второй демонстрации сигнального комплекса депрессия альфа-ритма обнаруживается в период предъявления средних компонентов сигнального комплекса. После подачи первых четырех сигналов альфа-ритм частично восстановился. Последние пять компонентов испытуемым не осваивались, и депрессии альфа-ритма в период их действия не наблюдалось. При третьей демонстрации сигнального комплекса депрессия альфа-ритма проявилась только в период подачи последних сигналов комплекса. На первые 10 сигналов в четырех отведениях (теменно-затылочных, височно-затылочных) определялся полностью восстановленный альфа-ритм, а в четырех следующих (теменно-лобных, височно-лобных) — частично восстановленный. При четвертой демонстрации сигнального комплекса альфа-ритм в первых четырех отведениях был четко выражен и слабо выражен — в следующих за ними отведениях.

Сравнивая периоды депрессии альфа-ритма с ответными реакциями испытуемых, легко отметить, что депрессия альфа-рит-

Рис. 34. Изменения электрической активности головного мозга при формировании сложной системы временных связей у испытуемого Г-го. При первой демонстрации (а) альфа-ритм депрессирован; при второй (б) депрессия альфа-ритма обнаруживается в период предъявления средних компонентов сигнального комплекса; при третьей (в) депрессия альфа-ритма проявляется только в период подачи последних сигналов комплекса; при четвертой (г) альфа-ритм в первых четырех отведениях четко выражен, а в следующих за ними слабо выражен. 1 — теменно-затылочное; 2 — височно-затылочное; 3 — правое теменно-лобное; 4 — левое теменно-лобное; 5 — височно-лобное; 6 — правое височно-лобное; 7 — левое височно-лобное; 8 — правое височно-лобное; 9 — левое височно-лобное; 10 — правое височно-лобное; 11 — левое височно-лобное; 12 — правое височно-лобное; 13 — левое височно-лобное; 14 — правое височно-лобное; 15 — левое височно-лобное.

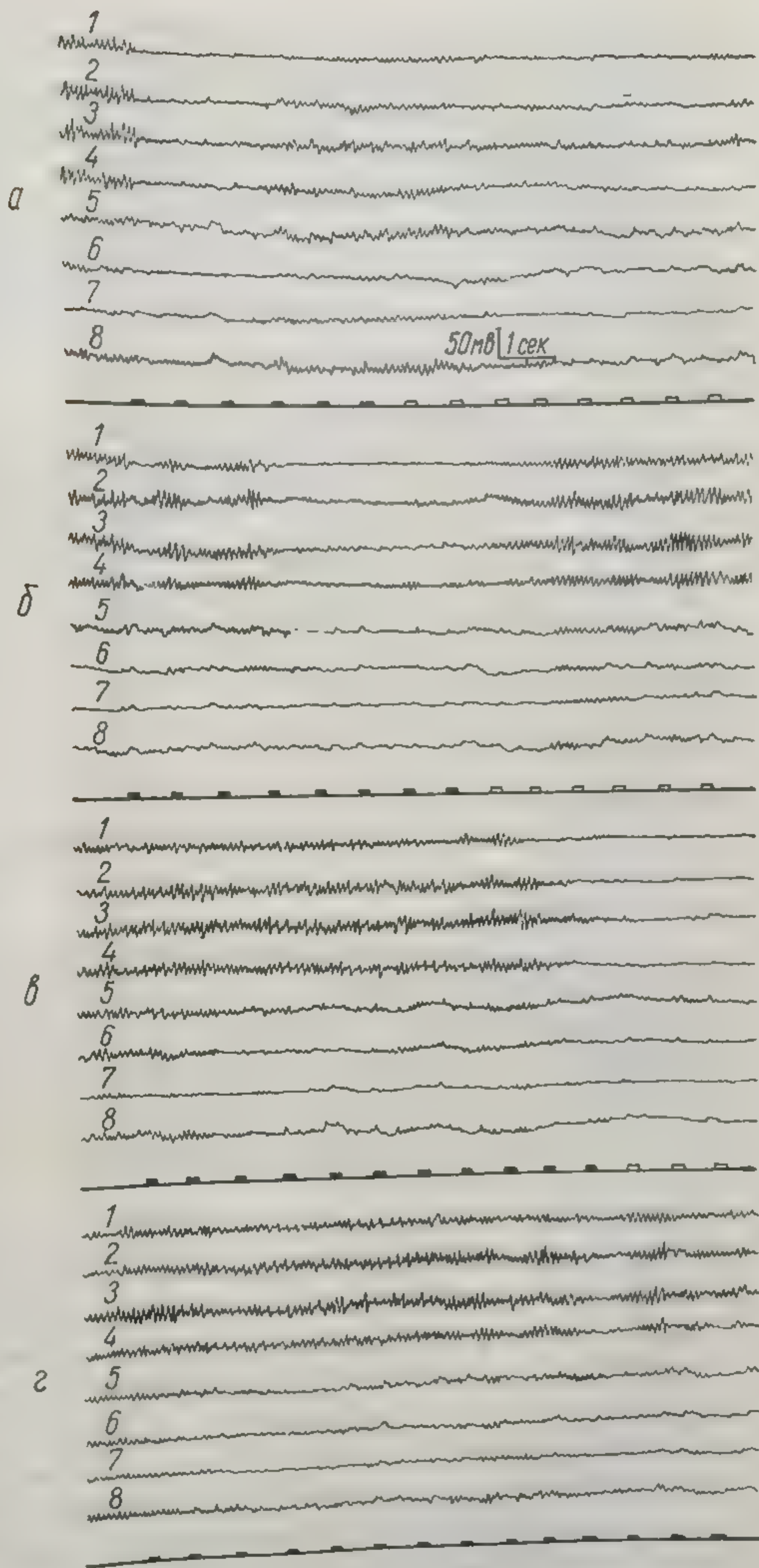


Рис. 34. Изменение электрической активности головного мозга при формировании сложных систем временных связей у испытуемого Г-го при первой (а), второй (б), третьей (в) и четвертой (г) демонстрациях сигнального комплекса. Черными прямоугольниками обозначены правильные ответы испытуемого на сигналы, белыми прямоугольниками — неправильные ответы. Цифрами указаны отведения: 1 — правое теменно-затылочное; 2 — левое теменно-затылочное; 3 — правое височно-затылочное; 4 — левое височно-затылочное; 5 — правое теменно-лобное; 6 — левое теменно-лобное; 7 — правое височно-лобное; 8 — левое височно-лобное.

ма наступает в момент действия тех сигналов, на которые образуются новые связи и укрепляются еще непрочные.

Такое же определенное соответствие депрессии альфа-ритма с освоением новых сигналов отмечено еще у десяти испытуемых. Чаще всего депрессия альфа-ритма в теменных, теменно-височных или теменно-лобных отведениях была длительней, чем в других отведениях. После того как системы временных связей были сформированы и все связи становились устойчивыми почти во всех областях коры, изменения электрической активности не отмечалось.

У семи человек в первый момент предъявления сигнального комплекса возникла неполная («рассеянная») депрессия альфа-ритма (обычно депрессия совпадала с моментом действия сигналов или захватывала промежутки между сигналами осваиваемой части сигнального комплекса). По мере формирования системы депрессия альфа-ритма отмечалась лишь на отдельные компоненты сигнального комплекса и была выражена у части испытуемых незначительно. Как только система временных связей укреплялась, возникал альфа-ритм большой амплитуды (см. рис. 35).

У трех испытуемых депрессия альфа-ритма была выражена очень слабо и преимущественно в теменных или теменно-височных отведениях.

Теперь проследим за изменениями биоэлектрической активности головного мозга, в частности альфа-ритма, у 12 испытуемых старше 60 лет. У них, в отличие от молодых испытуемых, значительно понижена функция головного мозга и легче выявляются всякие изменения в электрической активности мозга в различные периоды умственной деятельности и во время утомления.

Характерные изменения электрической активности головного мозга при формировании сложной системы временных связей у стариков отмечаются на энцефалограммах испытуемого Б-го, 75 лет (см. рис. 36), у которого при первом предъявлении 5-компонентного сигнального комплекса наступила депрессия альфа-ритма на все компоненты. При третьей демонстрации сигнального комплекса амплитуда альфа-ритма слегка увеличилась, хотя (судя по отметкам внизу электроэнцефалограммы) испытуемый правильно ответил на все пять сигналов. После этого сигнальный комплекс был увеличен на четыре новых сигнала. В период девятой демонстрации 8-компонентного сигнального комплекса альфа-ритм частично восстановился при демон-

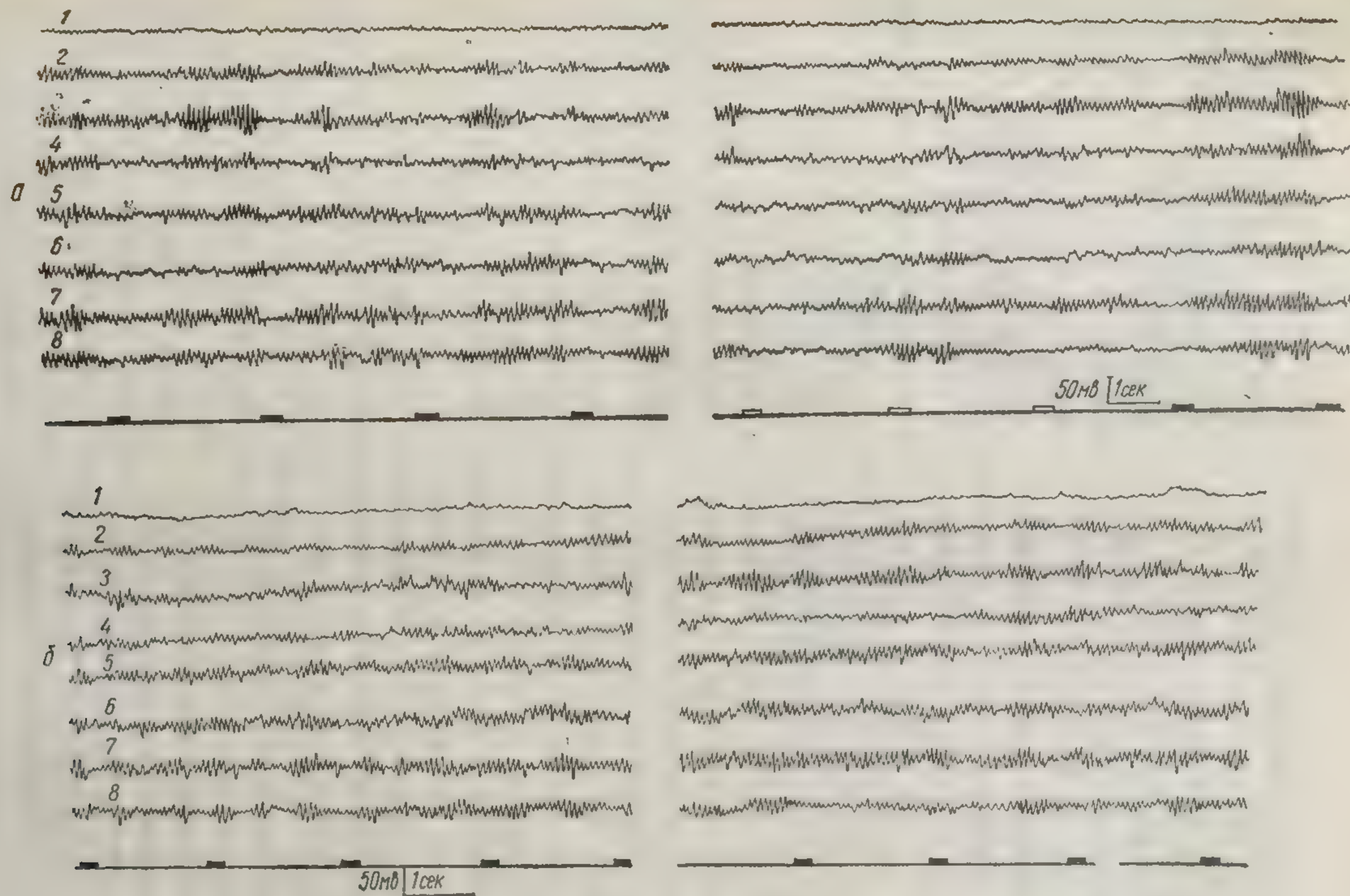


Рис. 35. Изменение электрической активности головного мозга испытуемого М-к, 28 лет, в период первой (а) и третьей (б) демонстрации сигнального комплекса. Цифрами указаны отведения: 1 — правое и левое лобные; 2 — правое и левое теменные; 3 — правое и левое затылочные; 4 — правое и левое височные; 5 — правое теменное; 6 — левое теменное; 7 — правое затылочное; 8 — левое затылочное.

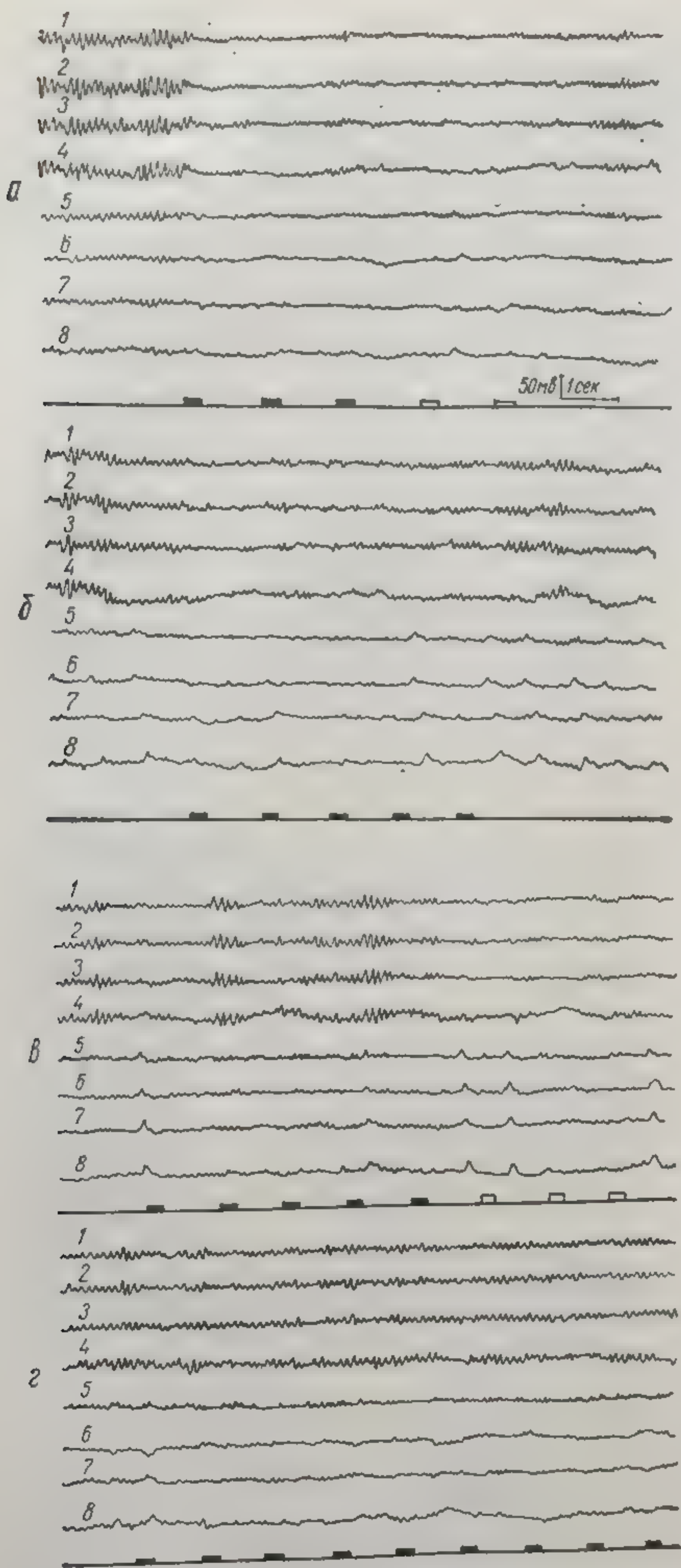


Рис. 36. Изменение электрической активности головного мозга испытуемого Б-го, 75 лет, при формировании сложных систем временных связей при первой (а), третьей (б), девятой (в) и семнадцатой (г) демонстрации сигнального комплекса (цифрами указаны отведения: 1 — правое теменно-затылочное; 2 — левое теменно-затылочное; 3 — правое височно-затылочное; 4 — левое височно-затылочное; 5 — правое лобно-теменное; 6 — левое лобно-теменное; 7 — правое лобно-височное; 8 — левое лобно-височное. Черными прямоугольниками обозначены правильные ответы испытуемого на сигналы, белыми прямоугольниками — неправильные ответы).

страции первых пяти сигналов, на которые к этому времени образовались довольно прочные временные связи. При этом восстановление альфа-ритма отмечалось лишь в первых четырех отведениях (теменно-затылочных и височно-затылочных), а в следующих четырех отведениях (лобно-теменных и лобно-затылочных) он не восстанавливался. Когда демонстрировались еще неосвоенные сигналы, во всех отведениях наступала депрессия альфа-ритма. Полное восстановление альфа-ритма в первых четырех отведениях при демонстрации всех восьми сигналов наблюдалось лишь после 17-й демонстрации, когда образованные на эти сигналы связи были достаточно прочными. Если обратить внимание на амплитуду альфа-ритма на ЭЭГ этого испытуемого, то можно заметить ее небольшое снижение (по сравнению с начальной величиной) к концу формирования системы.

У испытуемого Ш-а, 73 лет, в первый день после полного образования системы при дополнительной демонстрации сигнального комплекса альфа-ритм только слегка восстановился. Он почти полностью восстановился лишь на второй день при третьей демонстрации этого же сигнального комплекса. Еще медленнее восстанавливался альфа-ритм при укреплении системы временных связей у испытуемого С-ва. У него альфа-ритм частично восстановился только на третий день после многократного упрочения системы.

Только у некоторых испытуемых можно было отметить относительно быстрое восстановление альфа-ритма в течение одного опыта.

У двух испытуемых хорошо заметной депрессии альфа-ритма в период формирования систем временных связей не отмечалось. Например, у М-го, 68 лет, была выражена лишь «рассеянная» депрессия (кроме лобно-затылочных и лобных отведений). К моменту образования системы временных связей эта депрессия несколько уменьшалась. Подобные же изменения в биоэлектрической активности головного мозга были выявлены еще у одного испытуемого, с той лишь разницей, что к концу формирования системы временных связей у него более полно восстанавливался альфа-ритм.

Однако у испытуемых, у которых альфа-ритм относительно хорошо восстанавливался, можно было путем увеличения числа демонстрируемых сигналов добиться полной его депрессии. При этом, чем старше был испытуемый, тем меньше нужно было добавлять компонентов, чтобы вызвать депрессию альфа-ритма.

Таким образом, в большинстве случаев у испытуемых пожи-

лого и старческого возраста в период формирования системы отмечалась устойчивая депрессия альфа-ритма во всех или почти во всех областях коры головного мозга. Восстановление альфа-ритма можно было обнаружить только после хорошего укрепления образованных связей дополнительными демонстрациями сигнального комплекса. Если у одних альфа-ритм восстанавливался в одном опыте после 5—10 дополнительных демонстраций, то у других — только после нескольких опытов, во время которых сигнальный комплекс дополнительно демонстрировался 10—20 раз.

С целью определения особенностей электрической активности головного мозга в процессе усвоения сигнальных комплексов между молодыми (22—28 лет) и людьми преклонного возраста (55—80 лет) полученные электроэнцефалограммы подверглись дополнительной обработке.

Оказалось, что у молодых испытуемых альфа-ритм выражен в большей степени, чем у испытуемых пожилого и старческого возраста. Если у молодых время депрессии альфа-ритма при формировании системы в пределах $15 \pm 2,5$ — $35 \pm 3,5\%$, то у большинства испытуемых преклонного возраста — $92 \pm 2,3\%$. Лишь у четырех человек она приближалась к данным молодых испытуемых ($44 \pm 3,3\%$).

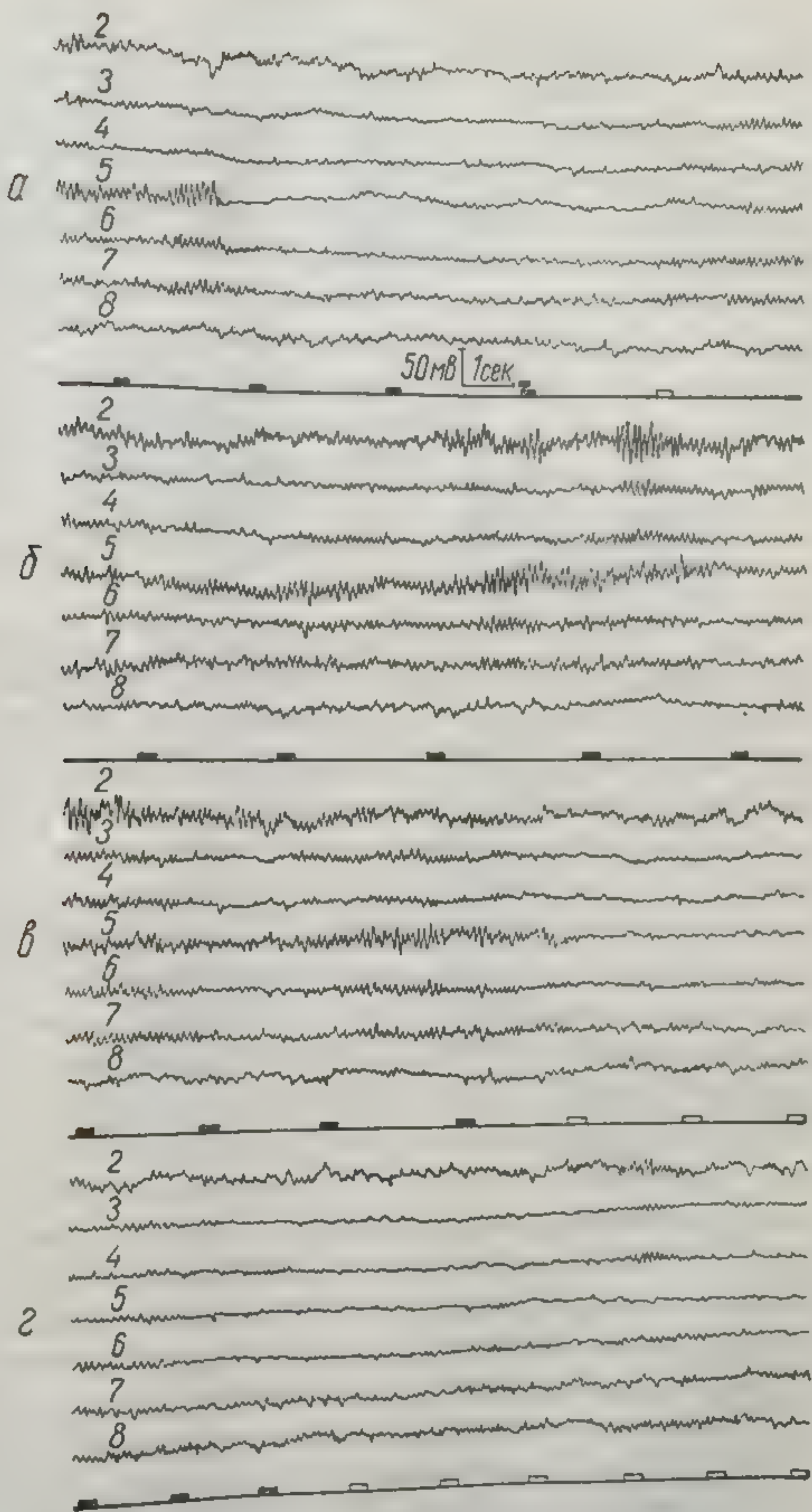
При формировании сложных систем временных связей в момент демонстрации сигнального комплекса (преимущественно первых компонентов, на которые были образованы прочные временные связи) на ЭЭГ иногда появлялись «вспышки» синхронизированных волн большой амплитуды. Такие «вспышки» регистрировались чаще всего с лобных отведений, а порой — с теменных и височных.

В процессе формирования сложных систем временных связей было замечено, что альфа-ритм восстанавливается быстрее у испытуемых, у которых он в начале опыта был регулярен и четко выражен (70—90 мв), и медленнее — у кого альфа-ритм нерегулярен и с низкой амплитудой. Самая продолжительная депрессия альфа-ритма чаще всего отмечалась на ЭЭГ теменных и теменно-височных отведений.

Были выявлены и другие закономерности изменения электрической активности головного мозга испытуемых в процессе формирования сложных систем временных связей. В некоторых опытах удалось записать изменение электрической активности в момент «перегрузки» замыкательной функции коры, например у В-ча, 60 лет (см. рис. 37).

рис. 37. Изменение э
рической активност
го мозга испыт
В-ча, 60 лет, при
ровании у него
х систем врем
вязей на poste
ложняющийся си
ый комплекс во
рой (а), третья
той (в) и пятна
демонстраци
алого ком
Остальные обозн
е же, что и на р

Рис. 37. Изменение электрической активности головного мозга испытуемого В-ча, 60 лет, при формировании у него сложных систем временных связей на постепенно усложняющийся сигнальный комплекс во время второй (а), третьей (б), пятой (в) и пятнадцатой (г) демонстрации сигнального комплекса. (Остальные обозначения те же, что и на рис. 36).



Как следует из приведенной электроэнцефалограммы, при первых предъявлениях сигнального комплекса у испытуемого наступила полная депрессия альфа-ритма во всех отведениях. В дальнейшем, по мере упрочения временных связей, альфа-ритм восстанавливался во всех областях коры головного мозга за исключением теменно-височной. Депрессия выявлялась в момент демонстрации новых сигналов. Увеличение числа новых компонентов при пятнадцатой демонстрации привело к полной депрессии альфа-ритма во всех отведениях. Следовательно, после этой демонстрации сигнального комплекса у испытуемого появляется много реакций, не соответствующих сигнальному комплексу. Более того, изменялись те реакции, которые ранее были правильными.

Как правило, после небольшого отдыха у испытуемых частично восстанавливался альфа-ритм.

Мы тщательно проанализировали все изменения амплитуды биопотенциалов головного мозга молодых испытуемых во время формирования у них постепенно усложняющейся системы временных связей. При этом мы стремились выявить зависимость величины биопотенциалов мозга от состояния коры головного мозга в различные периоды освоения материала. Для этих целей были использованы записи биотоков, отводимых от теменных, лобных и височных областей мозга, так как они наиболее сильно изменялись в наших исследованиях. Системы временных связей формировались на словесный сигнальный комплекс, количество компонентов которого по мере освоения испытуемым постепенно увеличивалось. Мы подвергли анализу полученные результаты после третьего опыта, когда испытуемые уже хорошо знали все условия опыта и хорошо определяли все свои ощущения в процессе запоминания сложного материала.

Частота и амплитуда биопотенциалов головного мозга определялись до начала демонстрации сигнального комплекса, в период восприятия испытуемым хорошо освоенных сигналов начала и середины сигнального комплекса, в период восприятия еще плохо освоенных и совсем новых сигналов, относящихся к концу сигнального комплекса, и сразу же после демонстрации сигнального комплекса. Частота и амплитуда биопотенциалов головного мозга учитывались и при ответных реакциях испытуемого, когда он воспроизводил информацию освоенного сигнального комплекса. Результаты опытов представлены на рисунках 38 и 39.

Как видно на рисунке 38, во время опыта частота электри-



Рис. 3
мозга
го ко
(II) п
лично
нальн
реакц
вых
мя х
во в
посл
са н

ких потен
ли обратит
язей средн
страции с
льшая. Но
ей в перио
отоков мо
период во
омплекса,
новь освое
сигналов о
Когда пр
енных свя
11 Зак. 1038

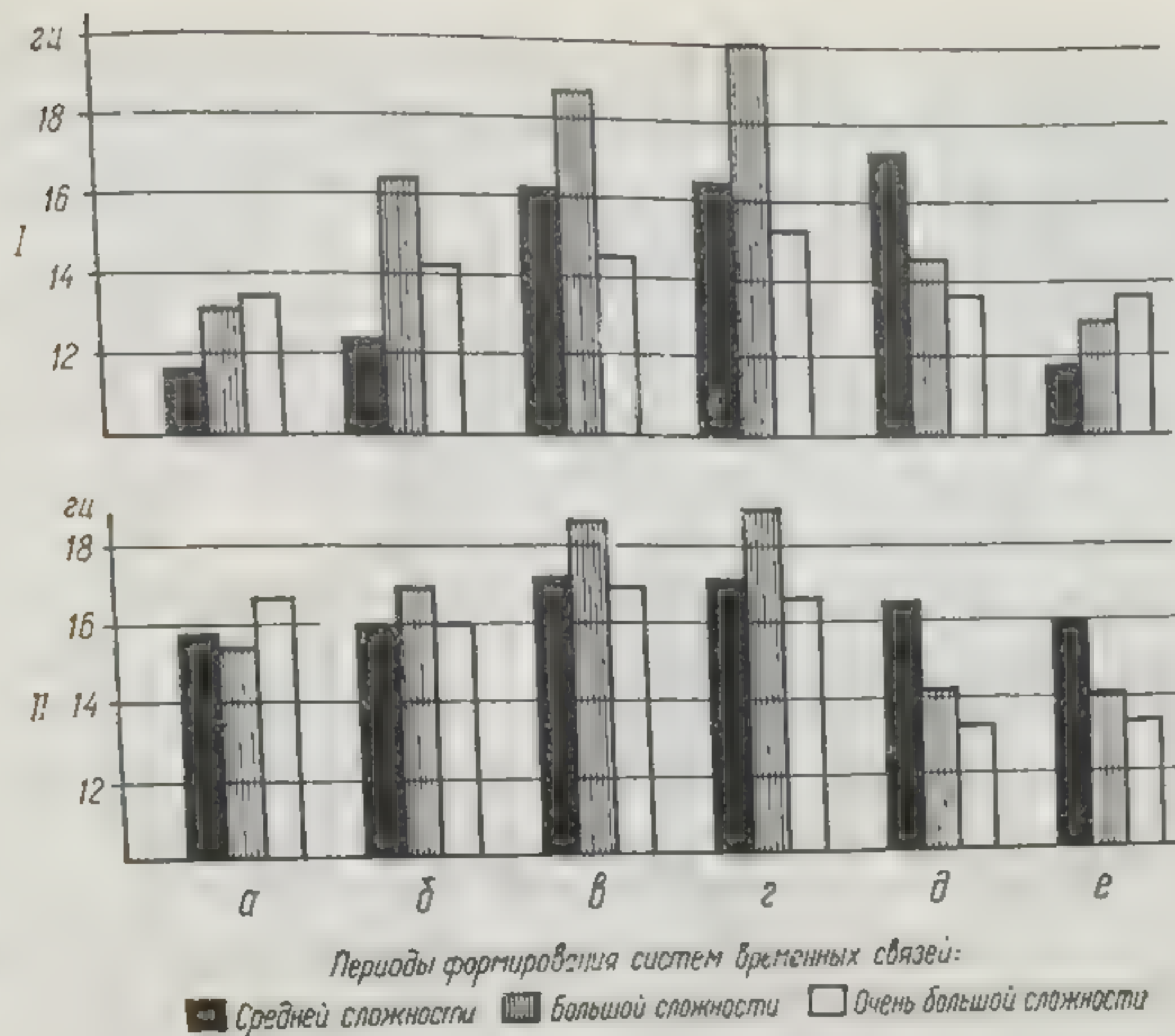


Рис. 38. Изменение частоты биопотенциалов головного мозга в различные периоды демонстрации сигнального комплекса (I) и ответных реакций испытуемого (II) при формировании систем временных связей различной сложности: а — до начала демонстрации сигнального комплекса и воспроизведения двигательных реакций; б — во время восприятия испытуемым первых компонентов и их воспроизведения; в — во время хорошо и слабо (г) освоенных компонентов; д — во время освоения новых компонентов; е — сразу же после окончания демонстрации сигнального комплекса и двигательных реакций.

Частота биопотенциалов головного мозга непрерывно изменяется. Если обратить внимание на формирование системы временных связей средней сложности, то легко заметить, что до начала демонстрации сигнального комплекса частота биопотенциалов небольшая. Но постепенно она увеличивается, становясь наибольшей в период освоения новых сигналов. После этого частота биотоков мозга резко снижается. Она начинает возрастать уже в период воспроизведения информации освоенного сигнального комплекса, становясь максимальной к началу воспроизведения вновь освоенных сигналов, но в момент воспроизведения новых сигналов она уже снижается.

Когда при демонстрации сигнального комплекса система временных связей достигает большой сложности, частота биопотен-

сигналов увеличивается еще более интенсивно, достигая максимума к периоду восприятия новых сигналов. Но в этот момент она снижается. Подобные явления отмечаются при воспроизведении испытуемым освоенной информации.

Когда сложность системы временных связей становится очень большой, а утомление — ярко выраженным, частота биотоков мозга к моменту восприятия новых сигналов (как в период демонстрации сигнального комплекса, так и во время ответных реакций) увеличивается более медленно.

В различные периоды формирования сложной системы временных связей сильно изменяется и амплитуда биоэлектрических потенциалов головного мозга. Наиболее высокая амплитуда биотоков мозга определялась в начале опыта, когда формировалась система средней сложности (см. рис. 39). Постепенно она увеличивалась и становилась максимальной к моменту восприятия новых сигналов, но затем уменьшалась. Большая амплитуда биотоков мозга определяется при воспроизведении прочно освоенной информации, а малая — при воспроизведении непрочно освоенной информации.

В тех случаях, когда формируется система временных связей большой сложности, амплитуда биопотенциалов головного мозга тоже сильно изменяется. Так, в период восприятия хорошо освоенных сигналов она сильно уменьшается, но начинает увеличиваться в момент восприятия непрочно освоенной информации, достигая большой величины при освоении новых сигналов. При воспроизведении информации сложной системы временных связей амплитуда биотоков мозга во время всего опыта небольшая. Она наиболее высокая при воспроизведении хорошо освоенных сигналов, предшествующих ко вновь освоенным. В момент проявления непрочных связей амплитуда биотоков мозга снижается. В промежуток между ответом и новой демонстрацией сигнального комплекса во время утомления она уменьшается.

Своеобразны изменения частоты биотоков с различных областей головного мозга. В частности, в период демонстрации сигнального комплекса частота биопотенциалов с теменно-лобных областей мозга увеличивается раньше, чем с височных областей. В период восприятия слабо освоенных и новых компонентов, когда отмечается самая большая частота биотоков с лобно-височных областей, частота биотоков с теменно-лобных областей обычно не изменяется.

Амплитуда биотоков с лобно-теменных областей больше всего изменяется в процессе формирования сложной системы. Вна-



Рис. 39. Изменение амплитуды биопотенциалов головного мозга (I) и биопотенциалов головного мозга (II) в период формирования сложной системы. (Обсуждение)

чале (при первых сигналах) амплитуда высокая, но к концу периода снижается. По мере утомления амплитуда снижается, а при воспроизведении освоенных компонентов амплитуда б

Итак, в головном мозге происходят различные процессы. Во время сна частота резко возрастает в зависимости от продолжительности звуковых раздражений организма. Как было показано, организм реагирует на условные раздражители электрическими

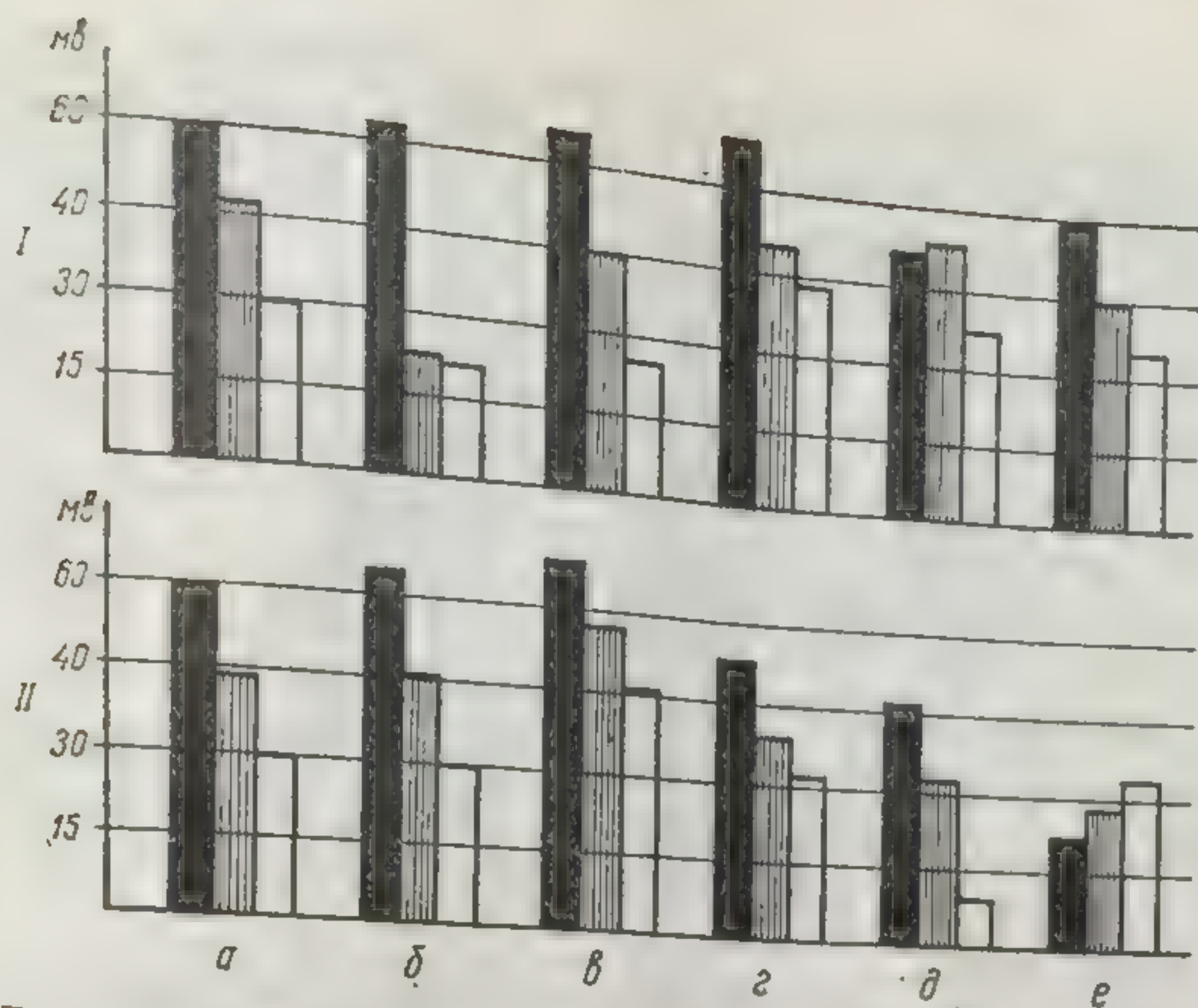


Рис. 39. Изменение амплитуды биопотенциалов головного мозга в различные периоды демонстраций сигнального комплекса (I) и ответных реакций испытуемого (II) при формировании систем различной сложности. (Обозначения те же, что и на рис. 38).

чале (при первых трех демонстрациях сигнального комплекса) она высокая, но к моменту восприятия новых компонентов снижается. По мере усложнения формирующейся системы она все время снижается, становясь самой низкой при восприятии освоенных компонентов. Только к моменту освоения новых сигналов амплитуда биотоков начинает возрастать.

* * *

Итак, в головном мозгу непрерывно возникают электрические разряды, интенсивность которых зависит от состояния организма. Во время сна и дремоты колебания биотоков медленные, их частота резко возрастает в период бодрствования. ЭЭГ изменяется в зависимости от интенсивности внешних раздражителей (света, звуковых, тактильных и других) и от функционального состояния организма. Эти явления отмечаются всеми исследователями. Как было сказано в начале раздела, ученые доказали, что условные раздражители также изменяют характер спонтанной электрической активности мозга.

Сопоставляя периоды депрессии альфа-ритма при демонстрации сигнального комплекса с воспроизведением информации вновь образованных связей, мы еще в 1961 году пришли к заключению, что депрессия альфа-ритма отражает процесс замыкания новых и укрепления непрочных связей. Как только образовывалась система временных связей и все ее связи укреплялись, депрессия альфа-ритма больше не выявлялась. Основываясь на утверждении исследователей, что депрессия альфа-ритма обусловлена активизирующим влиянием ретикулярной формации на кору головного мозга, мы высказали предположение об активизирующем влиянии ретикулярной формации на кору головного мозга у человека только в момент образования новых или при возбуждении неустойчивых связей. Возбуждение же прочных связей, по нашему мнению, происходит без активизации ретикулярной формации.

В дальнейшем мы обратили основное внимание на корреляцию электрической активности головного мозга с величиной заряда «творческого очага» и его расхождением при разных видах умственной деятельности. У нас сложилось такое впечатление, что интенсивность электрической активности головного мозга отражает его функциональное состояние не только во время работы, но и в период подготовки к ней.

Спонтанная электрическая активность головного мозга есть не что иное, как состояние непрерывной готовности человека к действию. Эта готовность снижается во время сна и повышается в период бодрствования. Состояние ожидания работы значительно повышает электрическую активность головного мозга, выражаясь заметным повышением амплитуды биотоков (особенно альфа-ритма) к моменту запоминания нового материала.

В период образования новых или восстановления непрочных связей, когда сильно увеличивается активность клеток коры головного мозга и идет разрядка «творческого очага», электрическая активность головного мозга резко изменяется: повышается частота и снижается амплитуда колебаний биотоков. Малая амплитуда биотоков, по-видимому, является следствием использования электрической активности в обменных процессах мозга при перестройке белковых структур. Вполне возможно, что происходит своего рода «утилизация» электрической активности коры головного мозга, поэтому мы не отмечаем мощных электрических разрядов.

По степени восстановления величины электрических разрядов, в особенности величины колебаний регистрируемых биопо-

тенциалов, можно судить о степени восстановления функций мозга для освоения нового материала. До тех пор пока электрическая активность мозга не восстанавливается, человек не в состоянии осваивать новый материал.

Необходимо отметить своеобразную «экономню» электрической активности мозга в процессе формирования сложной системы временных связей. Во время интенсивной продолжительной работы между ответами и новыми демонстрациями сигналов электрическая активность мозга снижается до минимума. Во время демонстрации сигналов, когда подаются уже освоенные компоненты, электрическая активность понижена, и она постепенно увеличивается, достигая максимума к моменту восприятия новых сигналов. При образовании новых или восстановлении еще непрочных связей частота биоэлектрических потенциалов мозга становится максимальной. Как только демонстрация сигнального комплекса заканчивается, электрическая активность мозга резко снижается. Следовательно, «экономия» электрической активности происходит во время отдыха и работы, не требующей большого напряжения.

Когда развивается утомление и испытуемый не в состоянии осваивать прибавляемые к сигнальному комплексу новые компоненты, электрическая активность мозга в период демонстрации сигналов не увеличивается, а, наоборот, снижается. Это свидетельствует о временном истощении участвующих в работе первичных образований, которое очень хорошо выражено у испытуемых пожилого возраста с пониженной замыкательной функцией коры головного мозга.

ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЖИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ

Кожа является мощной рецепторной системой, с которой в центральную нервную систему идут сигналы о самых различных изменениях в окружающей организм среде. Температура кожи зависит от циркуляции в ней крови, а также температуры окружающей среды. Поэтому изменения температуры кожи при постоянной температуре среды свидетельствуют об изменениях в самом организме.

Изменение температуры кожи при умственной деятельности давно привлекает внимание экспериментаторов. Еще В. М. Бех-

терев (1881) отмечал изменения температуры кожи при различных состояниях центральной нервной системы. Он установил, что во время раздражения двигательной зоны коры головного мозга повышается температура кожи конечности противоположной стороны тела.

Мы тоже исследовали температуру кожи здорового человека во время умственной работы — образовании сложных систем временных связей (И. А. Кулак и Л. В. Шафранский, 1964).

Исследование проведено на семи здоровых испытуемых 25—30 лет.

В первые дни у испытуемых формировали простые системы временных связей, пока они привыкали к условиям экспериментов. Спустя 4—5 дней начиналось настоящее исследование. В первый такой опытный день у испытуемого вырабатывали систему временных связей на 16-компонентный световой сигнальный комплекс. Сигнальный комплекс такой сложности осваивался испытуемым после 6—8 его демонстраций. Затем при каждой новой демонстрации сигнального комплекса прибавляли по два новых компонента. Это делалось в тех случаях, когда испытуемый их осваивал, в противном — повторяли сигнальный комплекс предыдущей величины, а затем опять его увеличивали при следующей демонстрации. Так до 15 демонстраций сигнального комплекса временных связей формировалась система. Температура кожи изменялась в течение всего опыта. При этом во время демонстраций сигнального комплекса и ответных реакций испытуемого температура была различной. Наиболее заметно изменялась температура кожи лба.

Температура кожи лба постепенно повышалась. Если в начале выработки системы временных связей для всех испытуемых она была $30,43^{\circ}$, то в середине опыта — стала $30,62^{\circ}$, т. е. повысилась на $0,19^{\circ}$, а к концу формирования системы временных связей — увеличилась еще на $0,12^{\circ}$. Отмечались индивидуальные особенности изменения этих показателей. У одних они были в пределах $0,1^{\circ}$, а у других — $0,4^{\circ}$.

Исследования показали, что в процессе формирования системы временных связей при демонстрации сигнального комплекса и ответных реакциях испытуемого отмечаются повышения и понижения температуры кожи лба. Характерные данные получены у испытуемого К-ч. Они представлены на рисунке 40.

Как следует из диаграммы, температура кожи лба повышается при демонстрациях сигнального комплекса, когда образуются новые связи, и снижается — при ответных реакциях

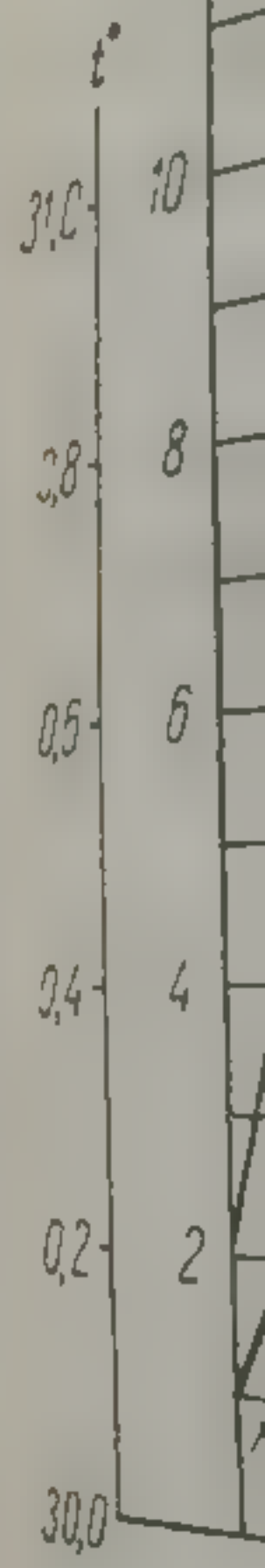


Рис. 40.
температура
сигнальный

испытуемого
же образ
истрирую
ратура кож
я 15—20
а 14—18-й
ратура кож
когда испь

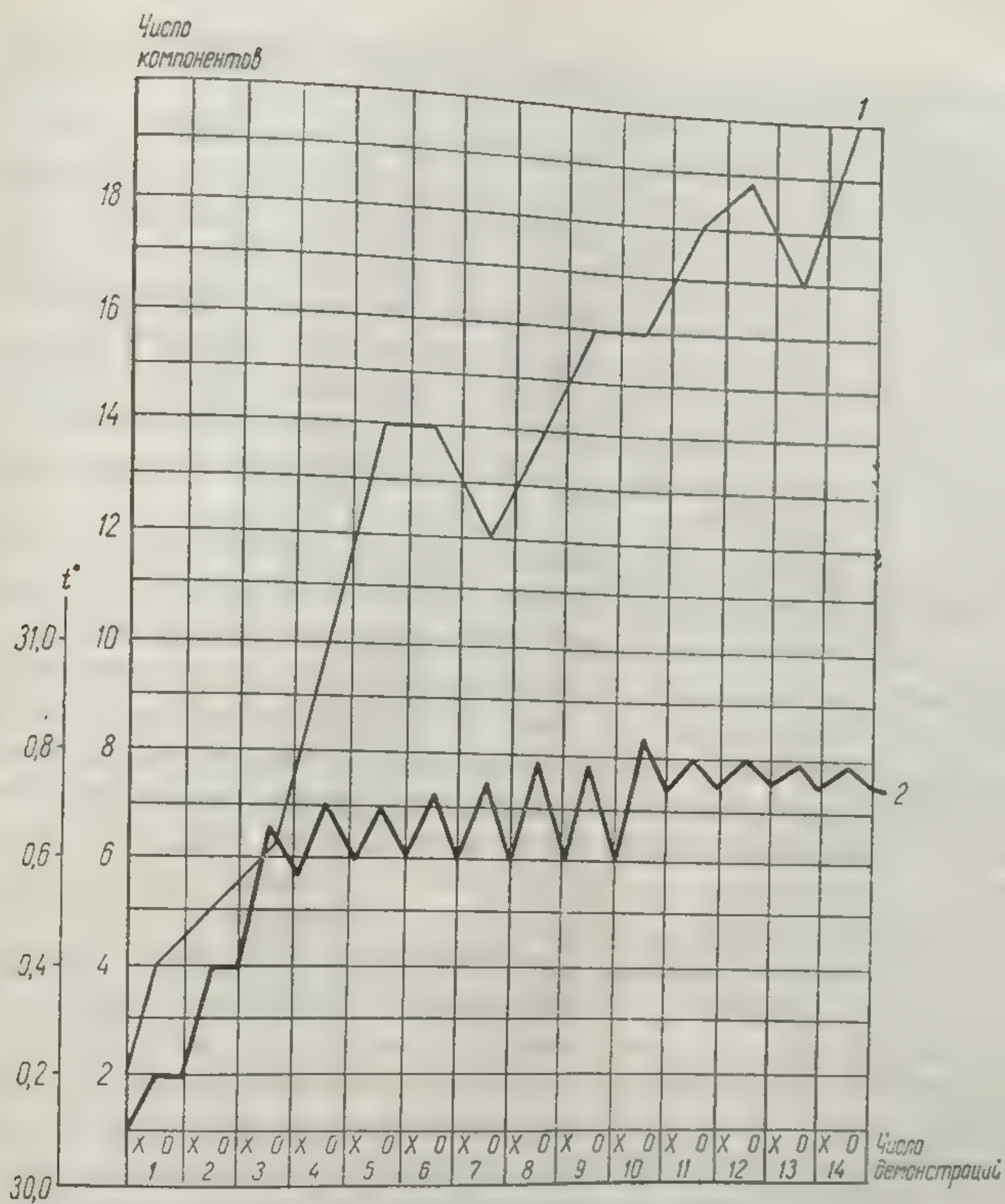


Рис. 40. Образование системы временных связей (1) и изменения температуры кожи лба (2) у испытуемого К-ч: x — демонстрации сигнального комплекса; o — ответные реакции испытуемого.

испытуемого, когда он воспроизводит в движениях информацию уже образовавшихся связей. Это очень хорошо заметно на регистрирующем гальванометре: когда идет демонстрация, температура кожи постепенно увеличивается. Если демонстрация длится 15—20 секунд, то самая высокая температура определяется на 14—18-й секунде, как только демонстрация закончится, температура кожи лба начинает снижаться и становится наименьшей, когда испытуемый воспроизвел двигательный комплекс и ждет

очередной демонстрации сигналов. Эти колебания температуры иногда значительны — до $0,5^{\circ}$.

В начале формирования системы колебания температуры кожи лба небольшие, в середине — они максимальные и несколько уменьшаются к концу формирования системы временных связей.

Из полученных данных следует, что самая высокая температура кожи лба бывает во время наиболее интенсивной работы головного мозга, когда образуются новые временные связи. Она сразу же снижается, как только ослабляется функция коры головного мозга — в период ответной реакции и, особенно, в промежуток между нею и следующей демонстрацией сигнального комплекса.

Факт «синхронного» изменения температуры кожи лба и функций головного мозга очень хорошо прослеживается во многих опытах, особенно с «перегрузкой» центральной нервной системы. Характерные данные такого эксперимента на испытуемом И-ве представлены диаграммой на рисунке 41. У этого испытуемого, как и у К-ч, в течение первых тринадцати демонстраций сигнального комплекса постепенно, по мере формирования системы временных связей, повышалась температура кожи лба. Наибольшие подъемы температуры определялись в момент демонстраций сигнального комплекса. С 13-й по 21-ю демонстрацию сигнального комплекса, когда система временных связей стала для испытуемого самой сложной, периодические подъемы температуры сильно увеличились, а сама температура стала очень неустойчивой. После 21-й демонстрации сигнального комплекса наступила так называемая «перегрузка» нервной деятельности: испытуемый не мог удержать образованную систему, поэтому при очередных демонстрациях сигналов у него исчезали ранее образованные компоненты. В этот период температура кожи лба начинает падать. Ее колебания, отражающие периоды демонстраций сигнальных комплексов и ответных реакций испытуемого, уменьшаются.

В этих исследованиях мы также проследили за изменением температуры других участков кожи тела. Из полученных данных следует, что при формировании сложных систем временных связей температура всех обследованных участков кожи (грудь, спина и конечности) повышается. Наиболее заметные характерные изменения температуры определялись в области кожи лба и конечностей и менее типичные — в области кожи груди и спины. Во время формирования систем временных связей температура тела почти не изменяется. Результаты наших опытов находят объяснение в данных исследований А. А. Рогова и А. Т. Пшонни-

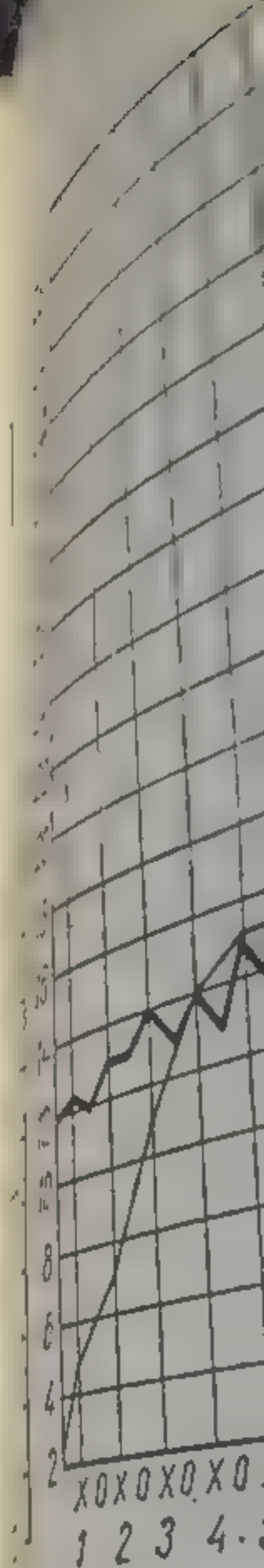


Рис. 41. «Синхронизация температуры кожи лба на рис. 40».

ка, которые раздражителей. Итак, во временных связей температурные колебания температуры кожи лба и конечностей временных связей наступает температура прог

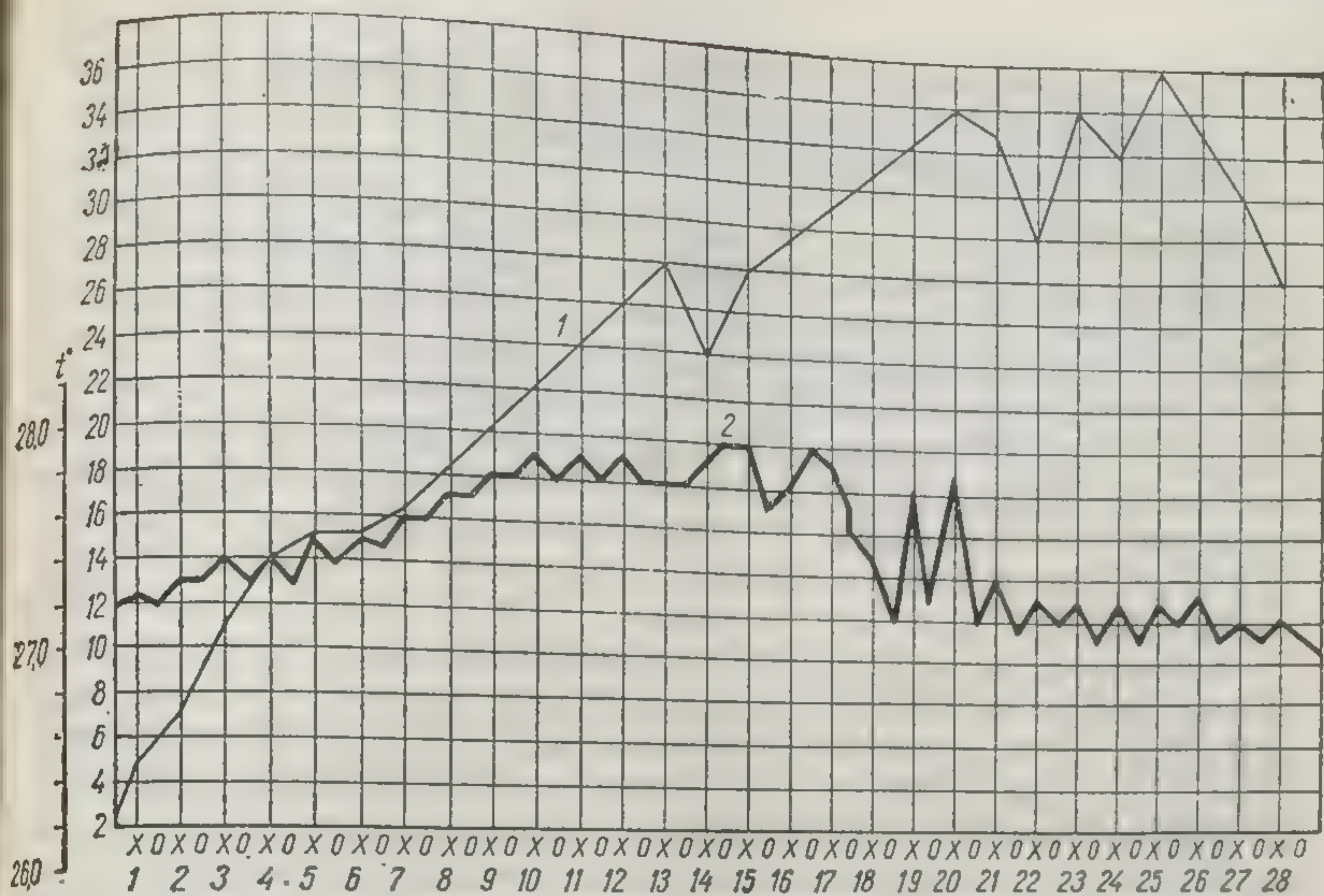


Рис. 41. «Синхронность» образования системы временных связей (1) и изменения температуры кожи лба (2) у испытуемого II-ва. (Обозначения те же, что и на рис. 40).

ка, которые указали на изменение под действием условных раздражителей просвета сосудов конечностей у человека.

Итак, во время формирования сложных систем временных связей температура кожи повышается. При этом ее периодические колебания свидетельствуют, что наибольшие подъемы температуры отмечаются в момент образования новых связей. Температура кожи становится самой высокой, когда система временных связей достигает максимальной сложности. Как только наступает перенапряжение высшей нервной деятельности и начинают прогрессивно исчезать ранее образованные связи, температура падает.

ИЗМЕНЕНИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ИСПЫТУЕМЫМ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ СИГНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Почти 1 000 лет тому назад великий Авиценна указал на тесную связь психической деятельности с работой сердца. По частоте пульса он устанавливал причину нервного расстройства больного. И. А. Тарханов (1880), который считал, что в процессе мышления может изменяться частота сердечных сокращений, описывал случай произвольного учащения сердцебиения его пациента. За рубежом целый ряд исследователей также отметили учащение работы сердца во время умственной работы (Е. Gley, 1881; А. Mosso, 1893; А. Binet, I. Courtier, 1893; Mac Daugall, 1896, и другие).

В нашей стране физиологами было выполнено большое количество работ, в которых они указали на тесную функциональную связь коры головного мозга и сердца (Л. И. Котляревский, 1934; В. Е. Делов, 1939; Е. Г. Петрова, 1942; К. М. Быков, 1947; А. Н. Крестовников, 1952, и другие). Проведено много исследований частоты пульса при разных видах умственной работы. Большая группа ученых обнаружила понижение его частоты у врачей (М. А. Чалисов, 1928), у телефонисток (Н. Н. Сыренский и его сотрудники, 1928), операторов суммирующих машин (Т. Н. Павлова, 1956), инженеров, техников, программистов и операторов вычислительных машин (М. М. Каримова, И. М. Волкова, К. В. Глотова, Л. Е. Милков, 1967) после рабочего дня. Другие же отметили учащение пульса во время умственной работы. А. И. Киколов (1967), наблюдая за режиссерами и ассистентами студии телевидения, установил, что у них пульс учащается на 10 ударов в минуту на втором или третьем часу репетиции, а к концу ее — урежается, но не доходит до исходной величины. М. М. Каримова и Э. Ф. Шардакова (1967) определили учащение пульса у переводчиков во время синхронизированного перевода, в некоторых случаях — до 160 ударов в минуту. При этом он то урежается, то вновь резко учащается. Эти колебания пульса были в пределах 10—30 ударов в минуту.

Таким образом, во время умственной работы определяется как ускорение, так и замедление частоты сердечных сокращений.

Нашей целью было изучение частоты сердечных сокращений при освоении нового материала. Необходимо было выяснить, в каких случаях замедляется, а в каких ускоряется работа сердца во время умственной работы. Для этого мы сконструировали

электрокардиохронограф. Этот прибор непрерывно регистрировал время сердечного цикла. Он вычерчивал на ленте параллельные вертикальные столбики. Каждому сердечному циклу соответствовал один столбик, а каждый миллиметр столбика — 20 мсек. Для того чтобы столбики не были очень высокими, прибор автоматически начинал вычерчивать их через 600 мсек после сигнала из электрокардиографа. Такое «укорочение» столбиков не нарушает точности регистрации и в то же время делает запись времени сердечного цикла более наглядной.

В первой серии опытов мы стремились, с одной стороны, выявить степень снижения замыкательной функции коры головного мозга в условиях «краткосрочной памяти», а с другой стороны, установить, как изменяется в этот период частота сердечных сокращений. Поэтому испытуемым диктовались гласные буквы (каждая буква за 0,8 сек). Спустя 3 секунды после демонстрации шести букв по сигналу экспериментатора «выполняйте» испытуемый воспроизводил информацию только что прослушанного им сигнального комплекса. Еще через 3—5 секунд ему демонстрировался новый сигнальный комплекс. В течение одного часа он осваивал 200 сигнальных комплексов.

Характерные данные, полученные у испытуемого В-ча и записанные с помощью нашего аппарата, см. на рисунке 42.

Как видно на рисунке, перед началом опыта длительность сердечного цикла у В-ча составляет около 1 050 мсек. К моменту демонстрации сигнального комплекса он незначительно укорачивается — судя по постепенно уменьшающимся столбикам. В самом начале восприятия сигнального комплекса он продолжает уменьшаться, затем, по мере освоения сигнального комплекса, — постепенно увеличивается. Замедленная работа сердца наблюдается и в начале воспроизведения испытуемым освоенной информации. Дальше она убыстряется, становясь наиболее быстрой в конце воспроизведения сигнального комплекса. Такое же состояние определяется у испытуемого во время ожидания следующего сигнального комплекса. На записи образуются своеобразные «пирамиды»: самые короткие столбики определяются перед самым началом и в начале демонстрации сигнального комплекса, а также в конце его воспроизведения, самые длинные — в конце демонстрации сигнального комплекса и в начале воспроизведения освоенной информации. Правда, в первую минуту опыта это явление слабо выражено, но уже со второй минуты оно легко выявляется. Образование «пирамид» наблюдается в течение всего опыта. Только после его окончания «пирамиды» исчезают.

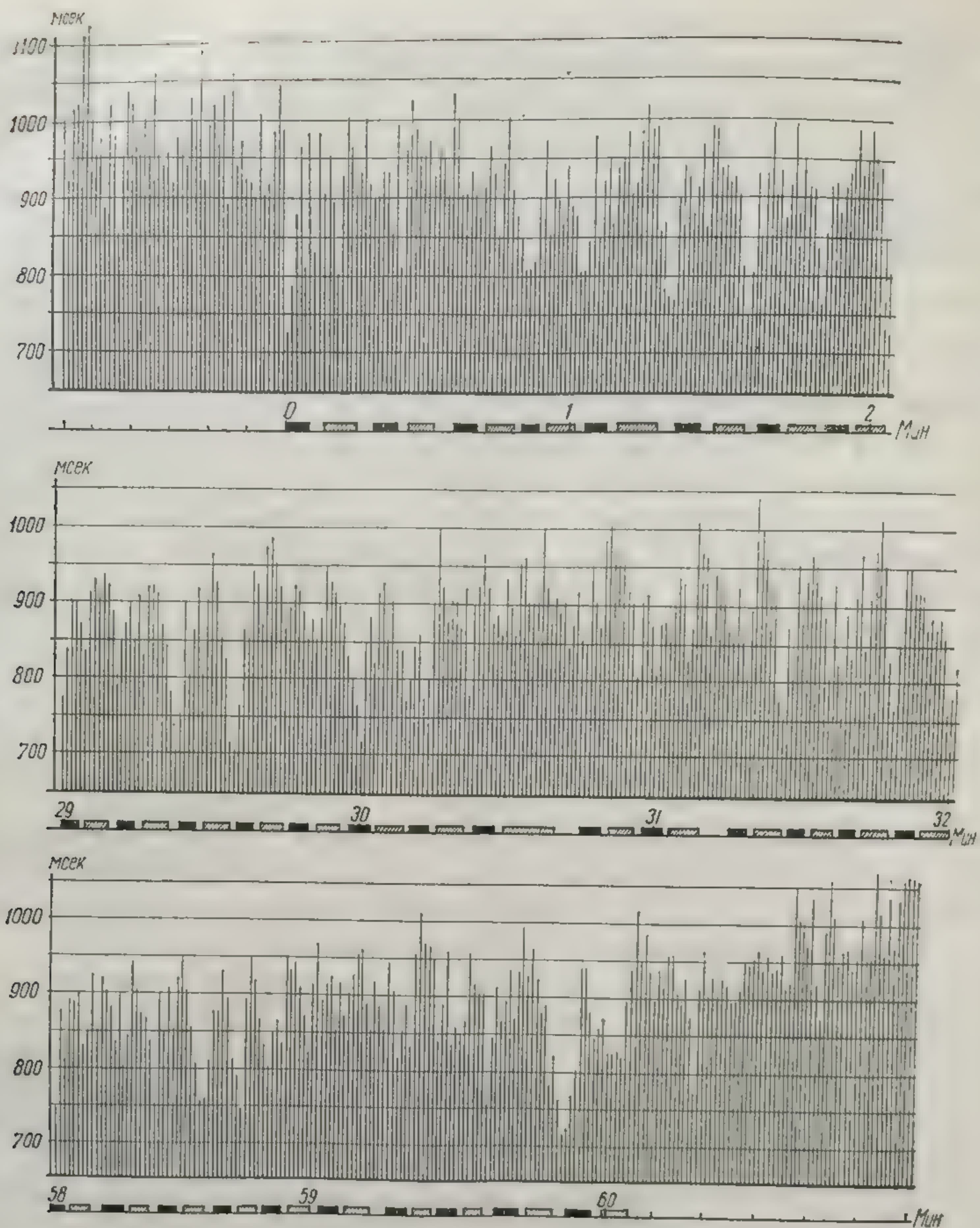


Рис. 42. Изменения времени сердечного цикла в процессе освоения коротких сигнальных комплексов у испытуемого В-ча (черной полосой отмечено время демонстрации сигнального комплекса, серой полосой — время воспроизведения информации освоенного комплекса).

Так как изменения сердечного цикла всегда были одинаковыми при освоении сигнальных комплексов и воспроизведении освоенной их информации, то мы отдельно определили время сердечного цикла в период освоения испытуемым сигнального комплекса и в период воспроизведения им освоенной информации и сопоставили полученные данные (см. рис. 43). Оказалось, что, пока осваивались все новые и новые сигнальные комплексы, работа сердца ускорялась. Если в первый период опыта разница между основанием и вершиной «пирамид» составила около 300 мсек, то к концу опыта она достигла 400 мсек. Длительность сердечного цикла изменялась на протяжении 12 секунд от 500 до 900 мсек. Следовательно, в течение первых пяти секунд, пока идет демонстрация сигнального комплекса, пульс урежается с 120 до 62 ударов в минуту, а в следующие 6 секунд, когда проявляются ответные реакции, — ускоряется с 62 до 110—120 ударов.

За время опыта изменялась и замыкательная функция коры головного мозга в условиях «краткосрочной памяти». В первые 10 минут информация сигнальных комплексов осваивалась на 94—96%, через полчаса — на 75—85% и в конце часовой работы — на 60—70%. Таким образом, замыкательная функция коры головного мозга за время опыта снизилась примерно на 30%. Это значит, что при такой работе у этих испытуемых на кору головного мозга ложится довольно большая нагрузка.

При сравнении интенсивности умственных операций с изменениями сердечной деятельности выявляется любопытное явление: перед запоминанием материала пульс резко учащается. Этим выражается «предстартовое» состояние сердца человека, которое хорошо определялось большим числом исследователей у испытуемых перед мышечной работой. В самые напряженные моменты умственной деятельности (к концу демонстрации сигнального комплекса, когда испытуемый «собирается с мыслями» и начинает воспроизводить полученную информацию) наблюдается резкое замедление сердечных сокращений. В этот период сердце как бы «замирает». Но в менее напряженные периоды работы, например в начале освоения сигнального комплекса, после окончания воспроизведения информации, а также между воспроизведением информации предыдущего и началом демонстрации нового сигнального комплекса сокращения сердца резко учащаются.

Сравнив длительность сердечных циклов за 5 минут до умственной работы и через 5 минут после нее, мы не обнаружим существенной разницы в полученных данных, потому что после

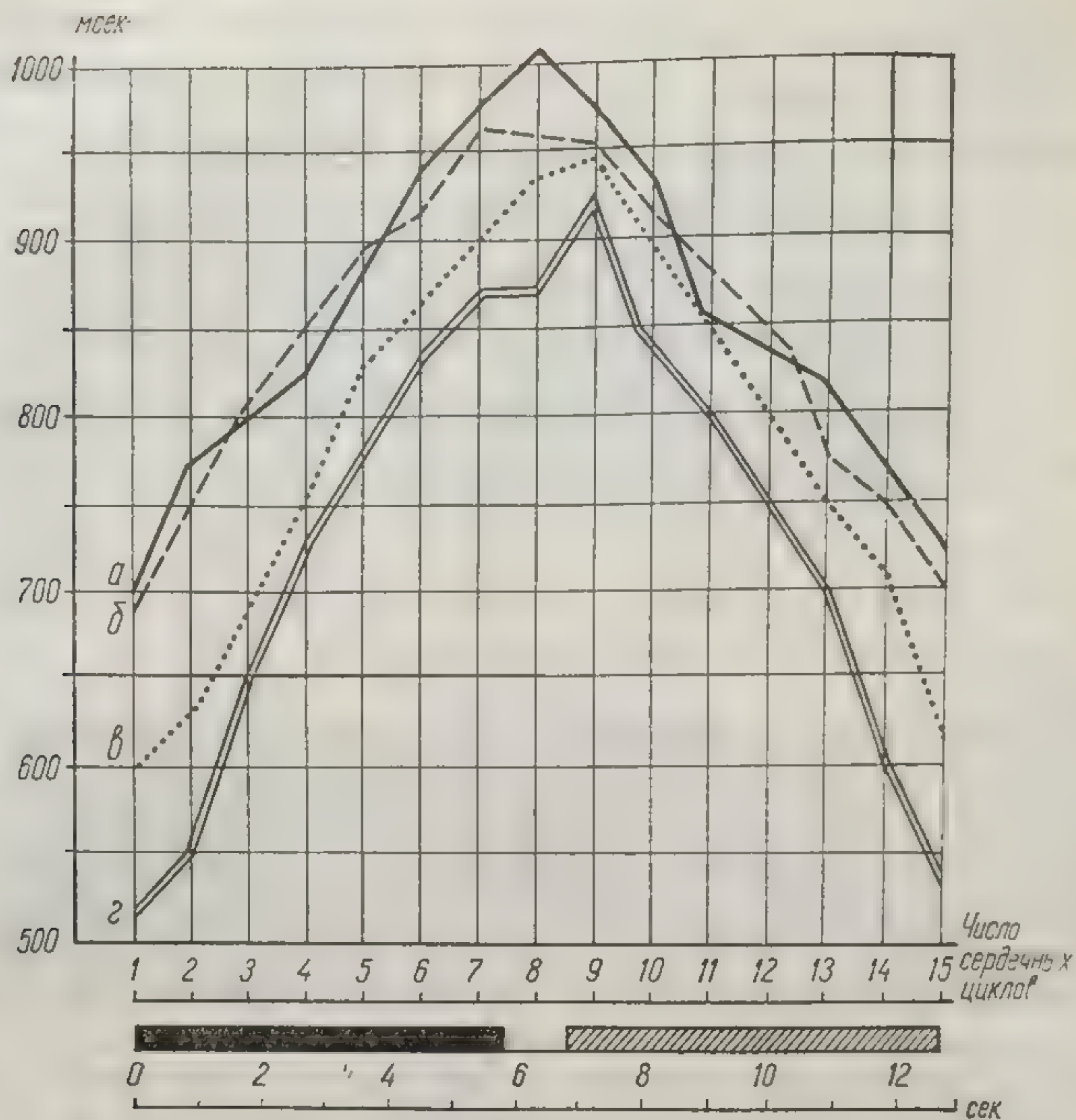


Рис. 43. Изменения продолжительности сердечного цикла в разные периоды опыта: *а* — в начале опыта; *б* — спустя 30 минут; *в* — 1 час и *г* — 1 час 30 минут (черной линией отмечен период демонстрации сигнального комплекса, серой линией — время ответной реакции испытуемого).

работы сердечные циклы быстро увеличивались: уже через 5 минут — примерно на 15—20%, а часто и больше, чем исходное.

Во второй серии опытов мы определяли частоту сердечных сокращений во время освоения одного сложного сигнального комплекса, т. е. при формировании сложной системы временных связей. В этих случаях основная нагрузка тоже приходилась на образования коры головного мозга, выполняющие замыкательную функцию только в условиях «долгосрочной памяти».

Пока формируется система временных связей, непрерывно

изменяется частота сердечных сокращений — наиболее заметно в среднюю фазу образования системы.

Перед началом демонстрации сигнального комплекса сердечные сокращения учащаются, во время подачи первых 18 компонентов — замедляются, при демонстрации уже освоенных компонентов — учащаются, резко замедляются в период восприятия последних компонентов и начинают учащаться — при восприятии сигнального комплекса сокращения сердца резко учащаются. Когда испытуемый воспроизводит полученную информацию, они постепенно замедляются, становясь наиболее редкими в период воспроизведения вновь освоенных компонентов. Затем они снова ускоряются. Подобные явления повторяются каждый раз при новых демонстрациях сигнального комплекса и ответных реакциях испытуемого.

Следовательно, во время наибольшего психического напряжения, когда внимание испытуемого сконцентрировано на освоении новых сигналов, сокращения сердца замедляются, но в периоды меньшей психической деятельности и между операциями она ускоряется. В общем, скорость сердечных сокращений в процессе формирования сложной системы больше, чем в исходном состоянии.

Итак, во время освоения нового материала выявляются своеобразные изменения частоты сердечных сокращений. Во всех случаях сердечные сокращения немного учащаются. На фоне этого ускорения в периоды наибольшей концентрации внимания (при освоении информации и при ее воспроизведении) происходит замедление, а перед этим моментом и после него — резкое ускорение сердечных сокращений. Если учащение сокращений сердца перед началом освоения сложной части сигнального комплекса есть подготовка организма к работе, то после освоения информации — компенсация за замедление. После окончания работы и даже к ее концу сокращения сердца замедляются. Через 5—10 минут работы они становятся исходными и даже более редкими. Следовательно, скорость сердечных сокращений, регистрируемых через 5—10 минут после работы мозга, не отражает тех изменений, которые отмечались во время работы, а чаще свидетельствует об обратном. Поэтому по данным, полученным у испытуемого после работы или даже в конце ее, нельзя судить об изменениях сердечной деятельности во время умственного труда.

Только благодаря использованию электрокардиографа, очень чувствительного к изменению сердечного цикла, мы смогли

установить, что при умственном труде сокращения сердца не просто ускоряются или замедляются, а что сердце очень быстро реагирует на каждую операцию мозга мгновенным изменением длины цикла уже до операции, во время и после нее. По-видимому, сердце является одной из самых реактивных вегетативных систем организма. Не случайно в прошлом человек наделял сердце душой, которая, по его мнению, первой «откликнулась» на внешние явления.

Глава
ВЗАИМО
ФУНКЦ

ИЗМЕНЕ
В ПРОЦЕ

В перио
модействие
действие за
няемой раб
известна т
мозга по с
ния. Ниже
ловного мо

К перв
в работе
информац
ся: а) сли
вании про
сматривае
ние худо
близкие
ция проя
минание
в) функ
информа
(размыш
ниях). Г
функций
менных
доходит
работу
явных
возбуж
энергии

Глава шестая

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОРКОВЫХ ФУНКЦИЙ В ПЕРИОД УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОРКОВЫХ ФУНКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

В период умственной деятельности происходит сложное взаимодействие разных функций коры головного мозга. Это взаимодействие зависит от характера, длительности и трудности выполняемой работы. Понять его механизм можно только тогда, когда известна точная характеристика каждой из функций головного мозга по скорости переработки информации и развитию утомления. Ниже мы постараемся выделить типы деятельности коры головного мозга и дать им краткую характеристику.

К первому типу мы отнесли те функции, которые участвуют в работе мозга, обеспечивая большую скорость переработки информации при малой утомляемости человека. К ним относятся: а) сличительная функция коры, развивающаяся при использовании прочных временных связей во время работы, когда просматривается материал очень близкий к хорошо усвоенному (чтение художественной литературы, где описываются явления, близкие к уже известным или пережитым читателем), б) функция проявления информации прочно закрепленных связей (воспоминание пережитого и прочно зафиксировавшегося в памяти) и в) функция коркового моделирования на основе использования информации, содержащейся в прочно зафиксированных связях (размышления в житейской практике о хорошо известных явлениях). При умственной работе, когда участвует любая из этих функций, в мозгу свободно возбуждается большое число временных связей, которое, по нашим данным, в течение пяти минут доходит до нескольких десятков тысяч условных единиц. Такую работу взрослый человек может выполнять несколько часов без явных признаков утомления. Это объясняется тем, что для их возбуждения не нужно мощного нервного заряда — достаточно энергии самих клеток коры головного мозга.

Ко второму типу деятельности коры головного мозга мы

отнесли те корковые функции, которые могут непрерывно продолжаться у взрослого человека в течение одного-двух часов до снижения их работоспособности на 30% (т. е. до возникновения средней утомляемости коры головного мозга). Сюда вошли: а) срочнооперативная функция — максимально быстрые ответы на простые сигналы (пропускная способность коры — имеется в виду переработка информации — при этой функции очень большая: испытуемый может правильно отвечать на тысячу сигналов в течение пяти минут) и б) замыкательная функция коры головного мозга, развивающаяся в условиях «краткосрочной памяти». Последняя близка к оперативной функции и отличается только тем, что испытуемый отвечает не на один сигнал, а на серию сигналов. Здесь не играет большой роли скорость ответа, но испытуемому нужно за короткий срок запомнить информацию небольшого сигнального комплекса. (Человек воспринимает небольшую часть информации, воспроизводит ее и дальше переходит к новой).

Для развития этих функций необходим нервный заряд «творческого очага» средней величины, который в основном создается за счет энергии самих корковых клеток и его периодическое усиление за счет активизации других нервных образований.

Третий тип деятельности коры головного мозга характерен для функций, которые могут продолжаться без отдыха 30—50 минут, а работоспособность человека снижается не более чем наполовину по сравнению с исходной величиной. К этому типу мы отнесли: а) замыкательную функцию коры, развивающуюся в условиях «долгосрочной памяти» (заучивание новых формул, стихотворений, написанных в непривычной форме, заучивание иностранных слов и изучение нового научного материала), б) функцию коркового моделирования с использованием информации вновь образованных связей (создание новых представлений на основе усвоенного материала, описание нового материала) и в) сличительную функцию коры, развивающуюся на основе вновь образованных следов (сравнение вновь воспринимаемого материала с только что усвоенным).

Функции этого типа деятельности коры головного мозга для своего развития требуют мощного заряда «творческого очага», который создается за счет нервной энергии самих корковых клеток и активизации других нервных образований. Большая утомляемость человека при таком виде деятельности вызвана большим расходом нервной энергии на удержание в возбужденном состоянии большого числа вновь образованных связей,

что ведет к быстрому истощению нервных образований, участвующих в работе. Пропускная способность коры при этих функциях очень небольшая — в пределах двух-трех десятков сигналов в течение 30—50 минут. Продолжительность работы без отдыха тоже небольшая: в течение 30—50 минут работоспособность снижается более чем наполовину. Это обусловлено быстрой перегрузкой корковых процессов.

Анализ всех типов деятельности коры головного мозга показывает, что человек мало утомляется и может переработать большое количество информации прочных связей. Если же основными являются функции, развивающиеся на основе вновь выработанных связей или образования новых, то человек сильнее утомляется, а степень его утомления тем больше увеличивается, чем больше возбуждается вновь образованных связей.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОРКОВЫХ ФУНКЦИЙ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ УТОМЛЕНИЯ

При взаимодействии разных корковых функций всегда одна из них является ведущей, основной. Остальные функции выступают как вспомогательные, «фоновые». Притом они могут свободно меняться местами: функция, являющаяся главной, при изменении типа и характера деятельности становится вспомогательной, и наоборот.

Мы задались целью проследить за взаимодействием разных корковых функций при различных видах умственной деятельности и, в первую очередь, определить, когда одна функция сменяет другую и по каким причинам. Это нам удалось сделать, исследуя срочнооперативную функцию коры головного мозга.

Для этого во время опыта испытуемый должен был нажимать рукой на контактную клавишу только тогда, когда подавались световые сигналы. Аппарат регистрировал подачу сигналов и ответные реакции. Ритм подачи сигналов был самый различный: 30, 60, 90, 120 в минуту. После анализа полученных данных оказалось, что при подаче сигналов с частотой 30 и 60 в минуту движение, соответствующее сигналу, следовало за сигналом. Это значительная реакция испытуемого. При подаче первых 10—20 сигналов со скоростью 90 и 120 в минуту сначала наблюдалось то же явление. Но затем ответное движение начинало совпадать с сигналом, а потом — и обгонять его. Получается, что ответное движение на-

чинается раньше, чем сам сигнал. Если в этот период прекратить подачу сигналов, то испытуемый сделает еще 2—3 движения в том ритме, в котором должны были следовать сигналы.

Аналогичные данные получены М. А. Алексеевым (1953), который объяснил их тем, что испытуемый, отвечая на сигналы, которые подаются реже 60 в 1 минуту, подчиняется им. Если сигналов больше 60 в 1 минуту, испытуемый подчиняется образовавшемуся условному рефлексу. Это объяснение вполне правильно, но мы захотели установить, почему испытуемый начинает отвечать не на реальный сигнал, а на его корковый образ.

При детальном изучении результатов опытов было установлено, что если сигналы поступали ежесекундно, то в этих случаях достаточно времени (300—500 мсек), чтобы воспринять сигнал и ответить на него. Кроме того, остается 500 мсек на ожидание сигнала. В этот период система, участвующая в работе, приходит в исходное состояние. Когда сигналы подавались с частотой 120 в минуту (т. е. на восприятие одного сигнала и его ответ отводится 500 мсек), в начале опыта испытуемый отвечал на каждый сигнал после его восприятия, поскольку на ответную реакцию уходило 300 мсек и около 200 мсек остается на ожидание следующего сигнала. Но, как известно, с развитием утомления время ответной реакции удлиняется и наступает такой момент, когда не остается времени на ожидание следующего сигнала. Поэтому испытуемый начинает отвечать не на реальный сигнал, а на создавшийся к этому моменту его корковый образ.

На приведенных выше фактах легко убедиться, что у человека при утомлении происходит переключение с сенсорной рецепции на корковую модель сигналов. В этом выражается компенсаторная функция коры головного мозга на замедленное развитие процессов в рефлекторной цепи.

Но в какой степени испытуемый отключается от реальных сигналов и переходит на руководство корковой моделью?

Ответ на этот вопрос мы получили в том же самом опыте, когда обнаружили, что после прекращения подачи сигналов испытуемый делает еще 2—3 движения и останавливается. Следовательно, в этот момент на действия испытуемого одновременно оказывали влияние действительные сигналы и их корковая модель.

Если исходить из положения, что в процессе восприятия участвуют основная и вспомогательная функции, то дело будет обстоять так: в начале опыта основной функцией является отражение реальных сигналов. В середине опыта, после того как образова-

лась корковая модель ритма сигналов, последняя приобретает свойства основной функции, а отражение реальных сигналов становится только вспомогательной.

Восприятие испытуемого во время сильного утомления настолько переключается на корковую модель сигналов, что испытуемый, сам того не замечая, начинает работать совсем в другом ритме. Такие явления можно наблюдать во всех случаях, в которых многократно в определенном ритме повторяются сигналы.

В тех случаях, когда «главенствует» корковая модель ритма сигналов, работа выполняется при значительно меньших затратах нервной энергии, чем тогда, когда основной функцией является восприятие реальных сигналов. Но если для восприятия сигналов вполне достаточно времени (т. е. их подается меньше, чем 60 в минуту), корковая модель их ритма в умственной деятельности не участвует.

Своеобразное взаимодействие функций коры головного мозга происходит во время усвоения нового материала. Это обусловлено разными функциональными возможностями разных звеньев рефлекторной цепи. Как рецепторное, так и эффекторное звено в состоянии пропускать через свой канал в несколько раз больше информации, чем за это же время способно зафиксировать центральное звено — общекорковая система.

Как только подан сигнал, в корковой части рефлекторного звена возникает возбуждение. Для образования новых связей в общекорковой системе используется только часть возбуждения (от 4—5 сигналов, не более). Неиспользованное возбуждение некоторое время остается в рецепторной части коры головного мозга. В таких случаях некоторые испытуемые многократно повторяют про себя сигнальный комплекс, «удерживая» таким образом отражения сигнального комплекса в сенсорной области коры. Это, в свою очередь, способствует укреплению уже образовавшихся связей. «Удерживание» отражения сигнального комплекса в рецепторной области коры создает возможность использовать еще одну часть этого возбуждения для образования нескольких новых связей.

Не случайным является то обстоятельство, что во многих случаях последние сигналы в демонстрируемом комплексе осваиваются лучше, чем средние или предпоследние. Оно свидетельствует о том, что после окончания демонстрации сигнального комплекса в сенсорной зоне коры головного мозга дольше всего сохраняется отражение последних его компонентов.

Для периода утомления во время умственной деятельности ха-

рактен переход возбуждения от одних временных связей к другим. Это явление обнаруживается в тот период, когда образуется довольно большая цепь связей и почти весь нервный заряд уходит на ее удержание. Тогда в формирующуюся систему начинают «вклиниваться» посторонние связи, потому что возбуждение переходит со вновь образованных связей, требующих большой нервной энергии, на ранее образованные связи, которые легко возбуждаются даже при малой энергии заряда.

Бывает и так, что испытуемый многократно воспроизводит несколько измененную информацию сигнального комплекса и не может обнаружить своей ошибки. Более того, он доказывает, что в действительности был такой сигнальный комплекс.

Переход возбуждения от одной системы временных связей к другой наблюдается и в других исследованиях. На протяжении нескольких опытов мы образовывали у испытуемых 8—10 сложных систем временных связей. Каждой системе присваивался определенный номер. Системы усваивались испытуемыми до такой степени, что при названии определенного номера они воспроизводили соответствующую систему. Одна или две демонстрировались испытуемым в несколько раз чаще, чем остальные. В начале опыта испытуемые воспроизводили все системы временных связей в предложенном порядке. Но устав, они не могли воспроизвести их в требуемом порядке. В этом случае часто «выпадают» слабые системы и более прочные воспроизводятся вместо них. Иногда испытуемые воспроизводили одно и то же. Освоение новых систем временных связей у них шло с большим трудом, т. к. мешали уже освоенные связи. Отмечалась своего рода «навязчивость» более прочных систем.

Аналогичные явления отмечаются у человека, когда он устал, но ему необходимо изучить новый материал. В этот период у него в голову «лезут» самые различные мысли, которые «уводят» от дела. Отвлекающие мысли текут легко, создавая определенное чувство удовольствия, а требуемое направление мыслей развивается медленно и зачастую вызывает неприятное ощущение усталости.

В этом феномене выражается самозащитная функция коры. Вследствие перехода возбуждения с одних клеток коры головного мозга на другие освобождаются от работы утомленные.

Описанные закономерности выявлены у испытуемых всех возрастов, но особенно — у детей и стариков, у которых корковые процессы менее устойчивые и быстрее развивается утомление.

ЧАСТЬ I
Глава I
ПРОБЛЕМЫ
РАЗВИТИЯ
Экспериментальное исследование
во время мыслительной работы
ка. Сперва мыслительные процессы
силы мысли
М. О. Бухарин
в течение
шечную с
Интересно
И. Р. Тарасов
диссертация
ния эмоц
раздраж
вичем (1
зических
работос
Знач
итальян
исследо
которые
исслед
(1891,
Бол
оказал
ния ч
в кото

ЧАСТЬ II

Глава седьмая

ПРОБЛЕМЫ УТОМЛЕНИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИЧЕСКОГО УТОМЛЕНИЯ

Экспериментальное исследование развивающегося утомления во время мышечной работы началось во второй половине XIX века. Сперва экспериментаторы обратили внимание на изменение силы мышечного сокращения в обычной обстановке. Так, М. О. Бух в 1883 году сообщил об изменении мышечной силы в течение дня, а М. В. Поварин (1883) — о влиянии сна на мышечную силу человека.

Интересные исследования были проведены в лаборатории И. Р. Тарханова В. О. Бугославским, который в своей докторской диссертации (1891) описал эксперименты по определению влияния эмоции, а также различных запахов, холодной воды и других раздражителей на мышечную работу человека. П. А. Конопасевичем (1892) было продолжено изучение влияния различных физических факторов и фармакологических средств на физическую работоспособность человека.

Значительный вклад в изучение мышечного утомления внес итальянский ученый А. Mosso. Он сконструировал прибор для исследования мышечной работы человека — пальцевой эргограф, который уже 70 лет находится в арсенале физиологов, — и провел исследования, положенные в основу монографии «Усталость» (1891, русский перевод — 1893).

Большое влияние на развитие исследований в этой области оказала работа И. М. Сеченова «К вопросу о влиянии раздражения чувствующих нервов на мышечную работу человека» (1903), в которой было сообщено об установленной закономерности: ра-

ботоспособность утомленной мышечной группы быстрее восстанавливается, если во время ее отдыха работает другая мышечная группа.

Экспериментаторы не довольствовались полученными данными и пытались определить механизм наблюдаемых явлений. А. Моссо, В. О. Бугославский, П. А. Конопасевич, И. М. Сеченов объяснили положение работоспособности мышц нарушением нервной регуляции их функций. Наиболее ценные исследования, пролившие свет на механизм мышечного сокращения, были проведены русским физиологом Н. Е. Введенским, который определил механизм изменения возбудимости нервно-мышечного препарата (1885, 1886) и по скорости сокращений нервно-мышечного препарата на различную силу и частоту подаваемых раздражений создал теорию фазности изменения возбудимости работающей системы. Он также выявил наиболее «уязвимую» область, в которой раньше всего возникают изменения нервно-мышечного препарата во время сокращений — место передачи импульсов с нерва на мышцу (1891—1900). Эти исследования получили дальнейшее развитие в работах его учеников и последователей.

Зарубежные ученые свое внимание обратили главным образом на химические изменения, происходящие в мышцах во время работы. Стали появляться теории, объясняющие определяемые явления. В середине XIX века самой распространенной была теория, объяснявшая утомление истощением энергетических запасов веществ, необходимых для мышечной деятельности (Schif, Haskel). Однако дальнейшими исследованиями было установлено, что утомление изолированной мышцы наступает раньше, чем в ней исчезнут эти энергетические ресурсы. Например, в утомленной обескровленной мышце, когда ее сокращения полностью исчезали, остается около половины углеводов, а в мышце с сохраненным кровообращением содержание углеводов может даже не измениться (Kobayashi, 1924).

По другой теории, известной под названием «теория задушения», которая была выдвинута М. Ферворном, причиной утомления является недостаток кислорода, который необходим органу во время работы в большем количестве, чем в покое. Но оказалось, что кислородная недостаточность работающей мышцы не может быть главной причиной ее утомления. Так, А. Hill (1924) установил, что в бескислородном растворе Рингера тонкие мышцы лягушки реагируют на раздражение в течение нескольких дней.

В свое время было много сторонников «теории засорения», согласно которой утомление мышцы наступает вследствие накопления в ней продуктов ее обмена, образующихся во время работы и не полностью удаленных. В доказательство сторонники теории приводили такой факт: если сосуды мышцы, доведенной до полного утомления, промыть физиологическим раствором, ее работоспособность частично восстанавливается. А. Mosso тоже считал, что «усталость представляет собой, в сущности, процесс химического характера», что накопление продуктов обмена является причиной утомления не только изолированной мышцы, но и всего человека во время физической деятельности.

Эта теория была доведена W. Weichardt (1910) до явного абсурда. Исследователь пытался доказать, что во время мышечной работы в организме накапливаются «кенотоксины», которые вызывают утомление. Он считал, что иммунизацией людей этими «кенотоксинами» можно выработать антитела, якобы способные предохранить от утомления во время работы. Его попытка получить такие антитела не увенчалась успехом.

Благодаря работам F. Lee (1906), W. Fletcher, F. Hopkins (1907) «токсином утомления» начали считать молочную кислоту. Такая теория получила наибольшее развитие после исследований А. Hill и О. Meyerhof, установивших, что молочная кислота является продуктом анаэробного гликолиза, который начинается тогда, когда во время работы углеводы используются в большем количестве, чем они могут быть окислены. Наиболее ярким сторонником этой теории был датский физиолог Lindhard (1920), который лучшее доказательство жизнеспособности теории «засорения» видел в большой утомляемости мышц при статической работе. По его мнению, вследствие статического напряжения мышц вены сдавливаются, поэтому в мышцах накапливается молочная кислота, которая приводит к снижению их работоспособности. Но исследованиями было установлено, что молочной кислоты в работающих мышцах не больше, чем в неработающих (G. Embden, N. Iost). Наиболее убедительно опровергают эту теорию работы А. В. Палладина и его сотрудников (1937), доказавших, что в тренированной мышце утомление наступает без накопления молочной кислоты. Что любые варианты «теории засорения» неубедительны, явствует из результатов опытов E. Scheminzi (1929): изолированная мышца, доведенная односторонними раздражениями односторонне направленного постоянного тока до полного утомления, начинает снова сокращаться после перемены направления тока.

Таким образом, каждая теория мышечного утомления, будучи построена на определенных экспериментальных фактах, была, однако, односторонней, т. к. в ней учитывался только один компонент сложного процесса утомления, который выявлялся в экспериментах. Несостоятельность попыток свести утомление мышц к их истощению, «задушению» или «засорению» была доказана результатами опытов Чернова (1888), который легко нагруженную мышцу лягушки подвергал одиночным раздражениям до почти полного утомления, а затем увеличивал груз и продолжал раздражать мышцу. В результате сокращения мышцы становились сильнее. Если бы теории истощения, задушения и засорения были верны, увеличение нагрузки мышц должно было бы вызвать полное исчезновение ее сокращений.

Наиболее обстоятельная критика гуморально-локалистических теорий утомления была дана В. А. Левицким (1922, 1926) и А. А. Ухтомским (1927).

Ученые постепенно стали отходить от упрощенных гуморально-локалистических теорий утомления и начали признавать наличие процесса утомления как в работающих мышцах, так и в нервных центрах. Возникли вопросы: где раньше начинается процесс утомления во время мышечной работы, в мышце или в нервных центрах, управляющих ею? J. Joteyko (1920) считала, что во время мышечной работы процесс утомления начинается сначала в мышцах, а затем — в нервных центрах. Вместе с V. Henry она попыталась доказать это результатами математического анализа эргограмм. По ее мнению, когда в мышце развивается утомление, центральной нервной системе приходится увеличить количество импульсов, что в конечном счете приводит к развитию процесса утомления в нервных центрах.

В последние десятилетия зарубежные исследователи все чаще обращают внимание на три звена работающей системы, в которых может идти процесс утомления. Первым звеном по-прежнему остается работающий орган — мышца, вторым — синапсы между нервом и мышцей, а также между образованиями центральной нервной системы, и третьим — клетка коры головного мозга. Одни исследователи считают, что процесс утомления начинается в центральной нервной системе (R. Fabre et autz, 1948; R. Schwab, 1953; W. Singleton, 1953; R. Cogwell, W. Brauner, 1955), другие — что в исполнительном органе (I. Scherrer, M. Samson, A. Paleologue, 1953, 1954; E. Müller, 1953; A. Nukada, E. Müller, 1955; P. Merton, 1954, 1956; K. Naess, A. Storm-Mathisen, 1955). Этот спор ведется до сих пор.

Большие открытия русских физиологов — И. М. Сеченова, Н. Е. Введенского и И. П. Павлова — в области нервной регуляции положительно сказались на изучении процессов утомления. Поэтому не случайно, что большинство советских исследователей стало искать процессы утомления в центральной нервной системе, а не в работающих органах.

Исследования процессов мышечного утомления у советских физиологов шло несколькими путями. Один из них начинается с работ В. А. Левицкого (1922, 1926), который создал свою центрально-нервную теорию утомления на основе данных изучения взаимоотношений коры головного мозга и подкорковых образований. Большее утомление при сознательной мышечной деятельности, чем при бессознательной, он объяснял тем, что первая — осуществляется исключительно при участии коры, а вторая — при участии «автономной системы» (подкорковых узлов и вегетативных центров).

Относительно малую утомляемость при автоматизированных движениях он объяснял тем, что процессы якобы целиком идут в экстрапирамидной системе. «Экстрапирамидная система, — заметил В. А. Левицкий, — будучи более древней, чем пирамидная, лучше координирована с вегетативной системой. В этих случаях не возникают несоответствия между требованиями, которые предъявляются работой к мышечному аппарату и вегетативным возможностям организма, какие встречаются при кортикально обусловленных, волевых движениях». Он считает, что «характер импульсов, исходящих из корковых центров, может не совпадать с характером импульсов, возникающих в центрах автономной системы». При появлении этого несоответствия вегетативные центры начинают «оберегать» мышечный аппарат от перегрузки в результате работы, вызванной импульсами из коры головного мозга. Это и создает ощущение утомления.

Таким образом, в теории В. А. Левицкого есть два положения: первое — во время мышечной деятельности может наступить несоответствие в работе между анимальной и вегетативной системой и второе — различные нервные образования управляют различными видами мышечной деятельности: кора — сознательными, волевыми движениями, а подкорковые образования — автоматическими. Вполне возможно, что появлению этой теории способствовали опыты Л. А. Орбели и А. Г. Гинецинского, которые в 1923 году, т. е. за три года до опубликования статей В. А. Левицкого, описали явление восстановления работоспособ-

ности утомленной скелетной мышцы при раздражении симпатического пограничного ствола. Это открытие имело большое значение для развития физиологии мышечной деятельности, т. к. было установлено, что центральная нервная система, побуждая мышцу через двигательные нервы к работе, одновременно через симпатические нервы, приспособливает ее трофические функции к выполнению этой работы.

Положения, выдвинутые В. А. Левицким, получили свое развитие в работах К. Х. Кекчесва (1947, 1949), который рассматривал процесс утомления как результат нарушения взаимодействия между соматической и адаптационно-трофической системами. Правда, он обосновывал это концепцией Орбели — Гиниевского. Н. А. Бериштейн (1947) развивал идеи В. А. Левицкого с другой стороны.

Он считал, что разучивание движений приводит к быстрому утомлению, потому что оно совершается исключительно под управлением коры больших полушарий. По мере автоматизации движений управление ими берут на себя подкорковые образования: амплитуда движений попадает под управление стриарной системы, локомоция — паллидарной системы, равновесие тела начинает обеспечиваться руброспинальной системой и т. д. По мнению Н. А. Бериштейна, движения становятся высоко координированными только благодаря тому, что они «выходят из-под ведения» коры и начинают подчиняться этим системам, коре остается только управление заученными движениями. Движения становятся более координированными благодаря тому, что подкорковые системы, являясь более древними образованиями, чем кора, в процессе эволюции усовершенствовали управление работой мышц. Таким образом, положения Н. А. Бериштейна являются продолжением исследований, начатых В. А. Левицким.

Л. Л. Васильев (1923, 1926) начал развивать центрально-нервную теорию утомления во втором направлении. Он считал, что утомление обусловлено центральным торможением, которое начинается вследствие затухания функциональной доминанты, попадания соответствующих импульсов с работающих мышц в кору головного мозга биохимических изменений крови. Эта теория получила широкое распространение среди многих советских исследователей. Но ее сторонники тоже придерживаются разных взглядов на процесс утомления. Большинство из них, главным образом сотрудники Ленинградского университета, придерживается мнения, что в основе механизма утомления лежат явления парабноза, в свое время обнаруженные Н. Е. Введенским

(М. И. Виноградов и В. Е. Дёлов, 1938; Г. В. Попов, 1938; Л. П. Павлова, 1957, и другие), а меньшинство — считает, что в развитии утомления первостепенное значение имеет открытое И. П. Павловым охранительное торможение (Н. К. Верещагин и В. В. Розенблат, 1952; И. А. Кулак, 1953; Д. И. Шатенштейн и Е. Н. Иорданская, 1955, и другие). Необходимо заметить, что некоторые из них, например В. В. Розенблат (1961), снижение работоспособности в одном случае объясняют пессимально-парасимпатическим торможением нервных центров, а в другом — развитием охранительного торможения.

Группу исследователей, развивающих центрально-нервную теорию в третьем направлении, возглавил А. А. Ухтомский (1927, 1934, 1936). Он был противником отождествления утомления с торможением, хотя считал, что в возникновении и развитии утомления ведущая роль принадлежит центральной нервной системе. По А. А. Ухтомскому основной причиной утомления является расстройство координации функционирующих систем. Этому способствует неравномерное изменение лабильности функционирующих звеньев. Эта теория поддерживалась многими советскими учеными, в первую очередь Д. И. Шатенштейном (1939), А. Н. Крестовниковым (1951) и М. И. Виноградовым (1958).

НАШИ ПРИНЦИПЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ФИЗИЧЕСКОГО УТОМЛЕНИЯ

Необходимо отметить, что все приведенные выше теории как химико-локалистические, так и центрально-нервные, имеют под собой реальную почву. При физической деятельности наблюдаются определенные сдвиги как в работающих мышцах, так и в нервных центрах, а также и в координации этих звеньев. Поэтому можно признать каждую из этих теорий утомления по своему правильной.

Но каждая из них основана на данных только некоторых изменений, происходящих в работающем организме. Поэтому одни исследователи локализовали в работающей мышце, а другие — в головном мозгу. Поэтому до сих пор не раскрыт главный механизм утомления. Знание его не только помогло бы выявить основную причину утомления, но и понять многие процессы, происходящие в организме.

Фактически еще не получено достаточно убедительного ответа на такие важные вопросы, как, например: в чем заключается

главная причина и главный механизм утомления? Какое функционирующее звено раньше всего выходит из строя при мышечной деятельности?

Мы еще раз хотим подчеркнуть, что придерживаемся мнения: в любой деятельности, будь это физическая или умственная, трудная или легкая, участвует весь организм. Притом каждая его система (сердечно-сосудистая, дыхательная, мышечная, нервная и другие) несет определенную нагрузку. В своих исследованиях мы обратили главное внимание на деятельность центральной нервной системы, которая кроме непосредственного участия в работе осуществляет регулирующую функцию всех органов и систем. Для лучшего исследования функций мы решили рассмотреть развитие утомления в трех основных звеньях рефлекторной цепи — рецепторном, корковом и исполнительном.

Во время умственной деятельности утомление развивается неодинаково во всех звеньях рефлекторной цепи. По результатам опытов, изложенных в первой части книги, можно предположить следующее: при освоении нового материала раньше всего выходит из строя корковое звено, в котором замыкаются временные связи и почти не страдают рецепторное и эффекторное звенья. Это происходит потому, что во время работы самая большая нагрузка приходится на корковое звено.

Изучая процессы утомления при физической работе, мы использовали тот же принцип обобщения данных, что и при исследовании умственной деятельности, т. к. считаем, что во время физической работы нагрузка на звенья рефлекторной цепи тоже распределяется неодинаково. Можно предположить, что при интенсивной работе мышц наибольшая нагрузка падает на исполнительное звено рефлекторной цепи.

Что во время интенсивной работы утомление развивается преимущественно в мышцах, писал еще в конце прошлого века А. Моссо. И. М. Сеченов тоже обратил внимание, что при интенсивной работе утомление развивается преимущественно в исполнительном звене двигательного рефлекса. На этих утверждениях А. Моссо и И. М. Сеченова можно было бы не останавливаться, если бы им не противоречили представления многих современных исследователей о механизме утомления. Авторы почти всех научных работ, которые появились в нашей стране в последнее время, без всяких оснований заявляют, что утомление развивается исключительно в центральной нервной системе, в частности, в коре головного мозга, и почти не обращают внимания на функции исполнительного звена рефлекторной цепи.

Глава 3
ЗАКОН
В ИСПОЛ

РАЗВИТИ
РАЗЛИЧ

Особенн
флекторной
при максим
ления зави
воду И. М
движений
вообще м
рое врем
или чем
лость».

Мы ре
венное ви
ратуру. К
эти зако
(поддер
висимос
деляли
которые
намогр
которые
ручки
рость
Бы
выраж
Если
в теч
сравн
движ
дило
утом

Глава восьмая

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ УТОМЛЕНИЯ В ИСПОЛНИТЕЛЬНОМ ЗВЕНЕ РЕФЛЕКТОРНОЙ ЦЕПИ

РАЗВИТИЕ УТОМЛЕНИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЕ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Особенности развития утомления в исполнительном звене рефлексорной цепи легче всего проследить в опытах, проведенных при максимальных мышечных усилиях. Скорость развития утомления зависит от частоты мышечных сокращений. По этому поводу И. М. Сеченов еще в 1901 году в своих «Очерках рабочих движений человека» писал: «... усталость развивается при всякой вообще мышечной работе, непрерывно продолжающейся некоторое время; чем при прочих равных условиях тяжелее работа или чем быстрее она совершается, тем скорее наступает усталость».

Мы решили уточнить эти закономерности и дать им количественное выражение, используя для этого исследовательскую аппаратуру. Кроме того, было необходимо количественно сопоставить эти закономерности для динамической (фазной) и статической (поддерживающей) работы. Изменение скорости утомления в зависимости от изменения частоты мышечных движений мы определяли в опытах, проведенных на семи испытуемых 20—22 лет, которые со всей силой сжимали кистью правой руки ручки динамографа 7,5, 15, 30, 60 и 120 раз в минуту. В каждом опыте, которые ставились в одно и то же время, испытуемые сжимали ручки динамографа только с одной скоростью. Через день скорость увеличивалась или уменьшалась.

Быстрота убыли величины максимальных усилий тем более выражена, чем выше частота, с которой выполнялись усилия. Если испытуемый сжимал ручки динамографа 7,5 раза в минуту в течение 5 минут, то сила сжатия уменьшалась на 8,2% по сравнению с исходной. Последняя уменьшалась на 69,6%, если движения нужно было делать 60 раз в минуту. Если же приходилось сжимать ручки динамографа 120 раз в минуту, полное утомление наступало уже через 1,5 минуты. Аналогичные данные

получены Palmer в 1910 году, а позже — и другими исследователями.

Все эти явления можно объяснить расходом энергетических веществ во всех функционирующих системах организма и, в первую очередь, в системе непосредственно выполняющей работу. Но известно, что в утомленной мышце большая часть энергетических веществ остается. Так, например, в икроножной мышце крысы остается около 80% гликогена после интенсивной 15-минутной произвольной работы. Биохимики не определяют прямой зависимости снижения количества гликогена от степени утомления при кратковременной интенсивной работе (H. Simonnet, E. Michel, 1949).

Возникает противоречие: мы здесь говорим, что при работе идет исчезновение энергетических веществ, устанавливая закономерность — чем интенсивнее работа, тем интенсивнее этот процесс, тогда как биохимики такой зависимости не находят. Причина противоречия в следующем. Биохимики определяют только общее количество гликогена в мышце и на основе этих данных делают свое заключение. Но может ли за короткое время работы использоваться весь имеющийся в мышце гликоген? Ведь он находится в пассивном состоянии, и лишь часть его (притом небольшая) за определенное время может вступить в реакцию.

При интенсивной работе расходуются только активные энергетические вещества, заготовленные активирующими системами, хотя в мышцах есть еще много этих веществ в пассивном состоянии. Доказательством тому — результаты следующих опытов. При непродолжительной, но очень интенсивной работе животное настолько сильно утомляется, что даже погибает, а в его мышцах и других органах обнаруживаются большие количества энергетических веществ. При менее интенсивной работе, продолжающейся в течение многих дней (с перерывом на сон), энергетические вещества в несколько раз больше и животное остается живым. Таким образом, в наших исследованиях речь идет не об исчезновении всех имеющихся в организме энергетических веществ, а только о расходовании активных энергетических веществ, которые есть на данный момент.

Развитие утомления в свое время Schiff, Haskel объясняли исчезновением энергетических веществ. Их теория подвергалась критике многими физиологами. Но последние так увлеклись критикой, что забыли о ее рациональном зерне — использовании энергетических веществ на работу. Правда, в этой теории энергетические вещества не разделялись на активные и пассивные,

Рис. 44. Из
в зависимости
90 секунд

также ма
а без д
можно уст
Если матер
рассмат
вания эн
ессе само
Сейчас мы
овления м
ую систе
Скорость
те учета
те макс
екунд, по
наших
секунд.
Оказалос
раза в 1
4 кг мм, 9
65 кг мм
20 сокра
предста
ивая а).
Следов
льше бы
Зак. 1038

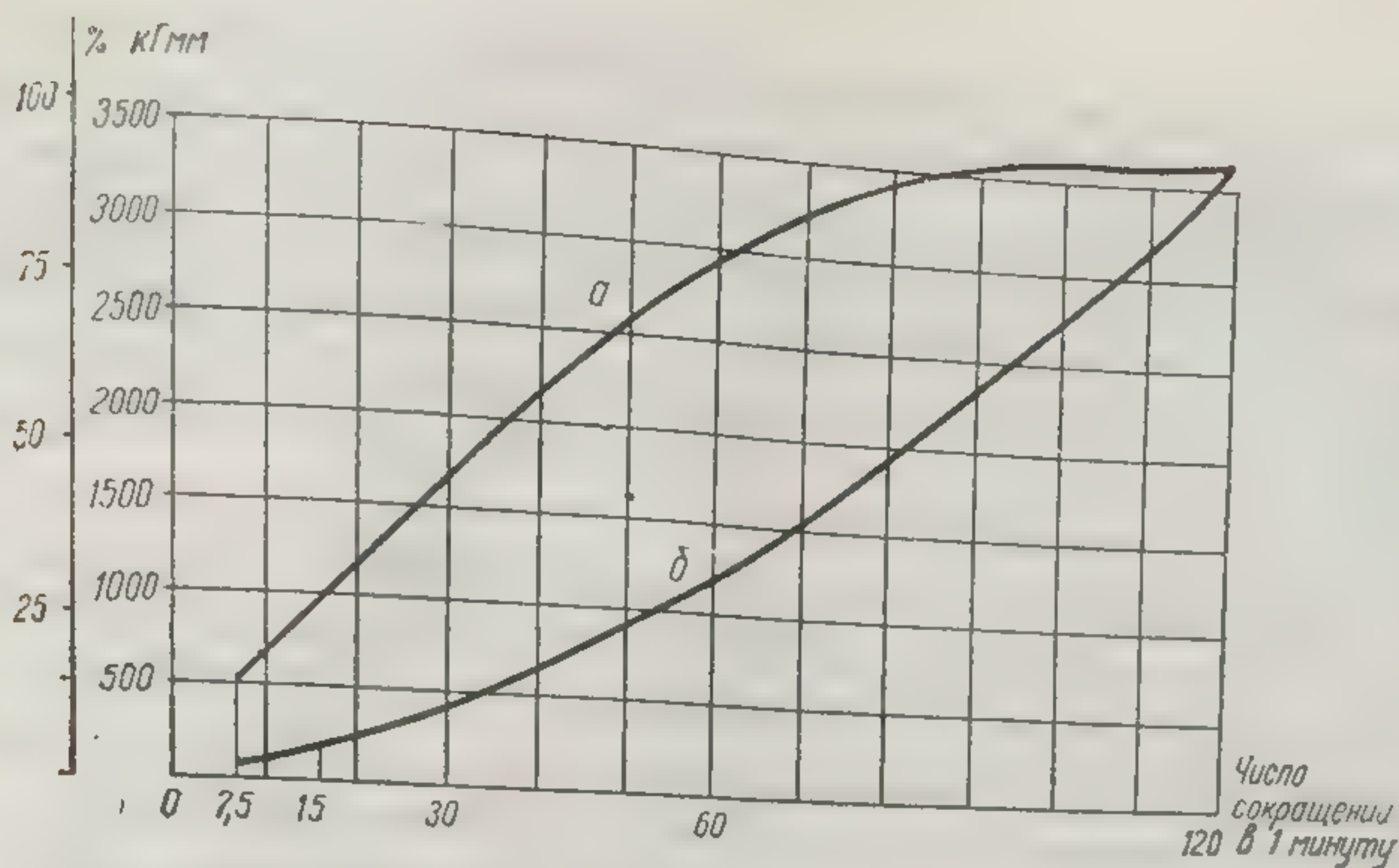


Рис. 44. Изменение работоспособности (а) и утомления (б) в зависимости от частоты мышечных сокращений в течение 90 секунд работы.

в ней также мало уделялось внимания восстановительным процессам, а без достаточно тщательного исследования последнего невозможно установить процессы развития утомления.

Если материалистически подходить к изучению функций, то нельзя рассматривать мышечную деятельность в отрыве от расходования энергетических веществ и восстановления их как в процессе самой работы, так и в период отдыха.

Сейчас мы изложим данные интенсивности и характера восстановления мышечной силы при различных нагрузках на мышечную систему.

Скорость восстановления мышечной силы была определена после учета количества выполненной работы при различной частоте максимальных сокращений мышц предплечья в течение 90 секунд, потому что при 120 сокращениях в минуту у большинства наших испытуемых работа полностью прекращалась спустя 90 секунд.

Оказалось, что испытуемые, сжимая ручки динамографа 7,5 раза в 1 минуту, выполнили за 90 секунд работу, равную 504 кГмм, 902 кГмм — при 15 сокращениях мышц в минуту; 1665 кГмм — при 30; 2880 кГмм — при 60 и 3600 кГмм — при 120 сокращениях в минуту. Для большей наглядности мы решили представить полученные результаты диаграммой (см. рис. 44, кривая а).

Следовательно, чем быстрее выполнялись движения, тем больше была производительность испытуемого. Увеличение ра-

ботоспособности при ускорении сокращений могло идти за счет использования энергетических веществ, которые появились в восстановительный период, т. к. каждое сокращение мышц было максимальным и на него уходил весь запас имеющихся энергетических веществ. По-видимому, интенсивность развития восстановительного процесса в мышцах зависит от интенсивности их деятельности: чем интенсивнее работа, тем интенсивнее идет восстановление силы.

Если посмотреть на динамограмму работы, выполненной за 90 секунд, то можно легко заметить, что увеличение восстановления силы почти прямо пропорционально росту частоты мышечных сокращений (до 60 в минуту). При учащении мышечных сокращений восстановительный процесс начинает заметно отставать — тем больше, чем выше частота мышечных сокращений. Таким образом, восстановительные процессы соответствуют скорости мышечных сокращений только до определенного предела.

Для более тщательного анализа причин последней закономерности на рисунке 44 мы нанесли вторую кривую (б), которая отражает степень снижения силы мышц в течение 90 секунд работы, приняв данные снижения силы при 120 сокращениях в минуту за 100%. Получившаяся кривая выражает следующую закономерность: по мере увеличения частоты мышечных сокращений их сила слабеет.

Сопоставляя данные этих двух кривых между собой, мы пришли к выводу, что при определенной интенсивности работы (в наших опытах — это 60 максимальных сокращений мышц предплечья в минуту) создается наиболее выгодное для организма равновесие расходования и восстановления энергетических веществ, которое позволяет выполнить (в наших опытах — за 90 секунд) наибольшее количество работы при наименьшем утомлении.

Исследования взаимоотношения истощения и восстановления органов и систем во время работы получили широкое развитие в отечественной физиологии. На основе данных изучения секреторной функции слюнных желез И. П. Павлов пришел к выводу, что «при раздражении отделительного нерва в железе рядом с разрушением происходит и восстановление». Он также установил, что «во время самой работы, если она интенсивна, восстановительный процесс не в состоянии полностью компенсировать расходы железы». «За время раздражения, — отметил физиолог, — успела восстановиться только $\frac{1}{4}$ истраченных материалов». Полное возмещение потерь наступает позднее: во время отдыха.

Для первых
тщательным: к
и восстанавли
клеточки оказ
были перед е
Иное дел
дать, — писат
раздражении
«я». И дейст
железы функци
желез, работа
не работавша
железа была
ченый, — хот
раздражении
лем». (Терм
И. П. Павлов
ся не под вл
нерва электр
тора).
В той же
клеточка сам
набирать нов
вого материа
находится, т
нервной сис
Основные
ходования и
шем органе
Первоначал
за, а в даль
летные мыш
этих исслед
вывода:
«1. Мате
понижения
ным возбуж
гана — возб
2. Быстр
го потенциа
13*

«Для первых часов пищеварения всеми наблюдателями установлено преобладание разрушительного процесса над восстановительным: клеточки разных пищеварительных желез резко уменьшаются в объеме. Но затем постепенно выступают признаки восстановления клеточек, и к 24 часам или ранее после еды клеточки оказываются во всех отношениях такими, какими они были перед едой».

Иное дело — работа малой интенсивности. «Нужно ожидать, — писал И. П. Павлов, — что при искусственном слабом раздражении получится другой, больший процент восстановления». И действительно, в опытах И. П. Павлова, в которых железы функционировали долго, но малоинтенсивно, «в одной паре желез, работавшая железа весила лишь немногим меньше, чем не работавшая, а в другой паре даже наоборот: работавшая железа была тяжелее покойной». «Очевидно, — предположил ученый, — хоть это и единичные опыты, что при автоматическом раздражении восстановление даже преобладало над разрушением». (Термин «автоматическое раздражение» здесь применен И. П. Павловым для обозначения работы железы, совершавшейся не под влиянием искусственного раздражения секреторного нерва электрическим током, а без вмешательства экспериментатора).

В той же работе И. П. Павлов подчеркнул: «Истощившаяся клеточка сама по себе, в силу ее органических свойств, начинает набирать новый материал из крови». Однако это «набирание нового материала», или, проще говоря, восстановительный процесс, находится, так же как и сама работа железы, под управлением нервной системы.

Основные закономерности взаимодействия процессов расходования и восстановления энергетических веществ в работающем органе подробно изучены Г. В. Фольбортом с сотрудниками. Первоначальным объектом их исследований была слюнная железа, а в дальнейшем — другие органы и системы, в том числе скелетные мышцы и нервная система. На основании результатов этих исследований Г. В. Фольборт сделал следующие четыре вывода:

«1. Материальные изменения в органах, служащие причиной понижения полноценности функции, вместе с тем являются главным возбудителем процесса восстановления дееспособности органа — возбудителем его энергетических потенциалов.

2. Быстрота, с которой развивается падение функционального потенциала ткани, является основным фактором, определяю-

щим силу указанного сдвига как раздражителя восстановительных процессов.

3. Восстановление функциональных потенциалов органа не представляет прямой линии повышения работоспособности; временами, в период восстановления, функциональный потенциал работающего органа стоит значительно выше нормы, временами он спускается ниже нормальной полноценной функции и таким образом по типу затухающей кривой устанавливается на нормальной высоте.

4. Возвращение истощенного органа к нормальной работоспособности складывается из двух разных процессов: процесса восстановления в тесном смысле слова или нарастания функциональных потенциалов и другого процесса — упрочения достигнутого состояния восстановленности, который делает его устойчивым».

Первые два положения представляются нам особенно существенными, т. к. они помогают понять взаимосвязи между процессами утомления и восстановления работоспособности во время самой работы. В самом деле, в первом из них устанавливается, что восстановительный процесс возбуждается утомлением, а во втором — что это возбуждающее действие тем более выражено, чем быстрее развивается утомление.

Корреляция процессов расходования и восстановления энергетических веществ, несмотря на их прямую зависимость друг от друга, все же остается сложной. В этом легко убедиться, если проследить за скоростью снижения силы сокращений в течение пяти минут работы (см. рис. 45).

Как видно на первой кривой рисунка, при 7,5 сокращениях в минуту происходит почти полное восстановление сил за все 5 минут работы, поэтому сила мышечных сокращений все время почти одинакова.

Вторая кривая свидетельствует о разной силе сжатия кисти (при 60 сокращениях в минуту). В течение первых двух минут работы сила мышц резко снижается, затем уменьшение силы идет более постепенно, т. е. в начале работы процесс восстановления сил значительно слабее процесса их расходования.

Это объясняется тем, что мышечные сокращения уменьшились вследствие утомления, а восстановительный процесс ко второй минуте работы становится довольно интенсивным и лучше восстанавливает энергетические вещества, чем в начале работы.

Судя по третьей кривой, сила сжатия кисти доходит до нуля уже через полторы минуты работы при 120 мышечных со-

кращениях в минуту. В данном случае отсутствует то характерное удлинение работы, отмечаемое при малой частоте сокращений. При такой работе быстро расходуются энергетические вещества, а восстановительный процесс, вследствие своей инертности, почти не может противостоять процессу расходования, потому что он развивается постепенно и полторы минуты недостаточно для его полного вступления в силу. Процесс расходования энергетических веществ, в противоположность процессу восстановления, начинается с самого начала работы, быстро используя весь запас активных энергетических веществ.

Таким образом, можно сделать заключение о разном характере процессов расходования и восстановления энергетических веществ: первый развивается с максимальной силой с самого начала интенсивной работы, а второй — постепенно, достигая полного развития спустя 2—3 минуты от начала работы. Исходя из сказанного, первый из них можно отнести к реактивному, а второй — к инертному процессу.

ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РАСХОДОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АКТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПЕРИОД МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ

Мы хотели выяснить, насколько можно изменить интенсивность этих двух процессов. Как можно было заметить уже в предыдущей серии опытов, иногда восстановительный процесс был

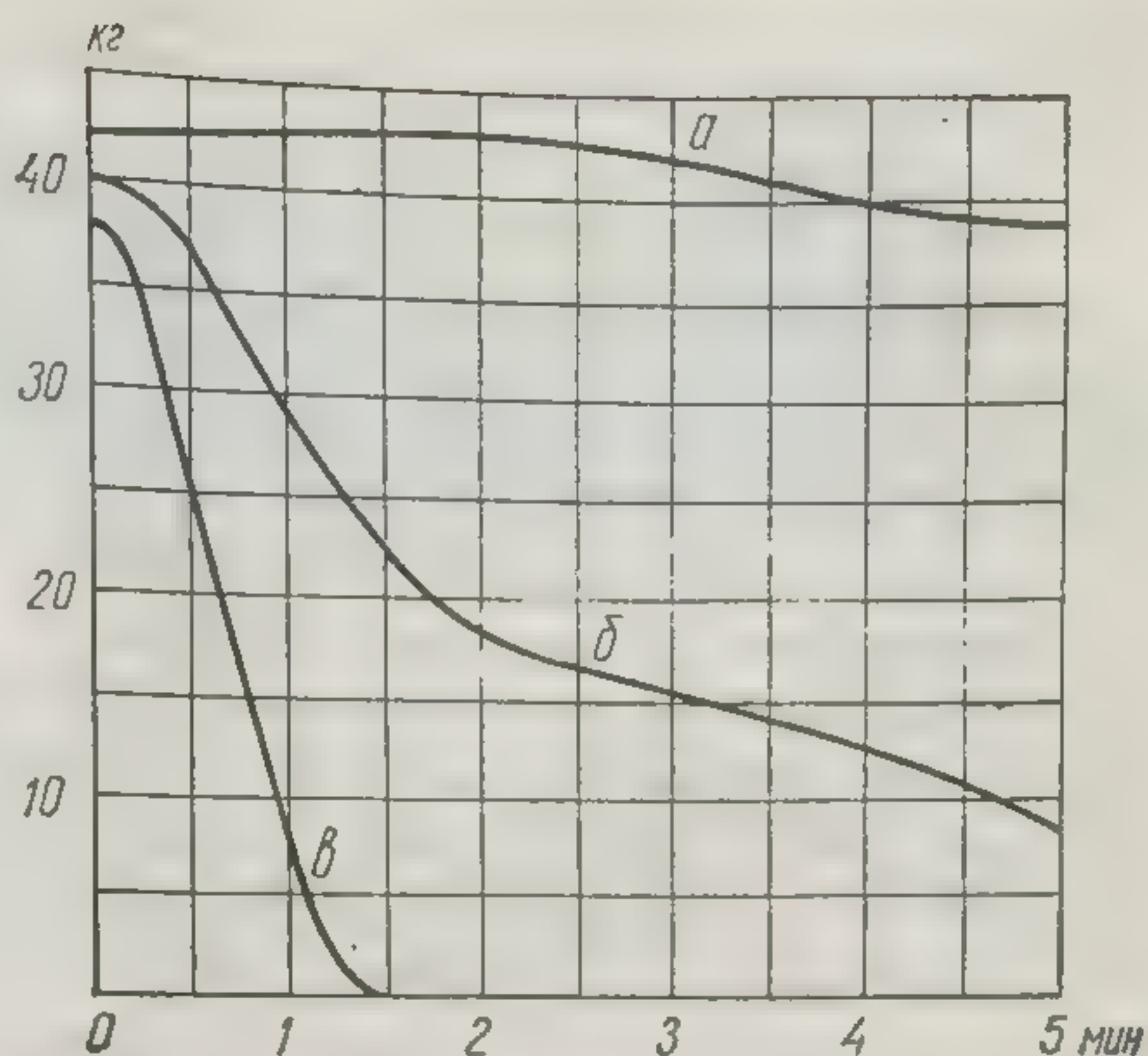


Рис. 45. Уменьшение силы мышечных сокращений в зависимости от их частоты: а — 7,5; б — 60 и в — 120 сокращений в минуту.

интенсивнее, чем процесс расходования. В своих исследованиях мы старались увеличить появившуюся разницу интенсивности, чтобы лучше рассмотреть эти процессы.

Сперва были предприняты поиски соответствующих условий мышечной деятельности, когда восстановительный процесс мог быть интенсивнее процесса расходования. Оказалось, что наиболее подходящей для исследования является мышечная работа переменной ритмичности. Во время изменения ее ритма разница в этих двух процессах интенсивности была наиболее выражена.

Затем мы провели исследования (1953), направленные на решение поставленного вопроса. Методика опытов была следующей. Во время выполнения динамической работы — сжатия кистью ручек динамографа через каждые две секунды (30 раз в минуту) — в течение минуты работа ускорялась вдвое (мышцы сокращались ежесекундно), после чего снова еще одну минуту выполнялась прежняя работа. Ускорение сокращений производилось тогда, когда их сила уже снижалась на 30—40% от исходной величины. Чтобы предупредить испытуемого об изменении частоты сокращений сгибателей пальцев, перед последним сжатием ручек динамографа ему подавался условленный сигнал изменением верхнего освещения.

Эти опыты проведены на шести испытуемых. Характерная диаграмма одного из них (испытуемого А-ч) представлена на рисунке. 46.

На рисунке видно, что ускоренная работа, будучи сама по себе значительно более утомительной, приводит к быстрому уменьшению максимальной силы мышечных сокращений. Тем не менее тотчас после возобновления основной работы максимальная сила сокращений сгибателей пальцев начинает расти и вскоре превосходит силу сокращений мышц, которая была до ускорения.

В дальнейшем мы приступили к изучению влияния кратковременной сильно утомительной статической работы на изменение работоспособности при динамической работе небольшой утомительности. Для этого был проведен опыт, поставленный нами на пяти испытуемых, которые в течение минуты со всей силой 12 раз сжимали ручки динамографа. После трех минут такой работы они в течение 30 секунд выполняли статическую работу — непрерывно, с максимальной силой сжимали ручки динамографа, а затем еще полторы минуты продолжали прежнюю динамическую работу. В общем весь опыт длился пять минут. Результаты опытов над испытуемым А-ч представлены ди-

Рис. 46. Ускоренная работа приводит к быстрому уменьшению максимальной силы сокращений сгибателей пальцев. Условный сигнал — изменение верхнего освещения.

граммой
ительная
е усиливаю
ую работ
достигнув
ии — пос
емного ос
испытуемых.
Идентичн
шечными
й сгибани
те в об
этих усло
й мускул
ание — кр
ешинами
Опыты
мления
при ее с
сначала и

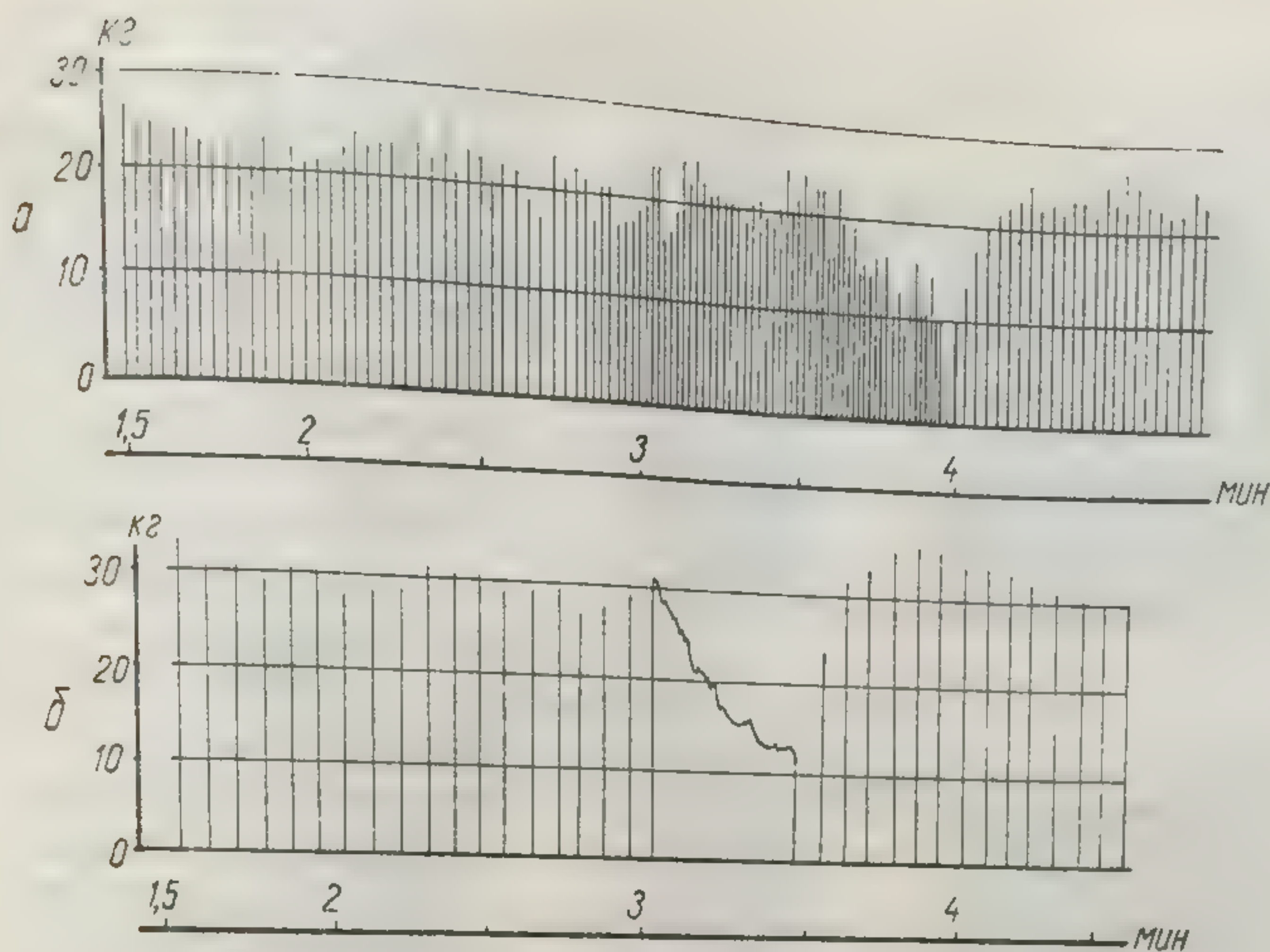


Рис. 46. Изменение силы сокращений сгибателей пальцев при их ускорении (а) и при статическом усилии (б) (каждый вертикальный столбик соответствует одному сокращению) у испытуемого А-ч.

намограммой на рисунке 46 (б), на которой видно, что весьма утомительная статическая работа тем не менее оказала заметное усиливающее влияние на следующую за ней легкую динамическую работу. Это усиливающее влияние наступает не сразу и, достигнув максимума (в приведенном примере из пятом сжимании — после четырех очередных динамических сокращений), понемногу ослабевает. Такие же данные получены и у остальных испытуемых.

Идентичные результаты были получены в опытах с другими мышечными группами, например с мускулатурой, обеспечивающей сгибание и разгибание спины при упоре таза в площадку и тяге в области плечевого пояса за надетую на него лямку. В этих условиях сгибание осуществляется не только сгибательной мускулатурой спины, но и мускулатурой живота, а разгибание — кроме разгибательной мускулатуры — ягодичными мышцами (по методике, предложенной в 1952 году).

Опыты проведены на 11 школьников 11—14 лет. Развитие утомления при разгибании спины исследовано на восьми из них, а при ее сгибании — на трех. Порядок опытов был следующим. Сначала испытуемый с максимально возможной силой совершал

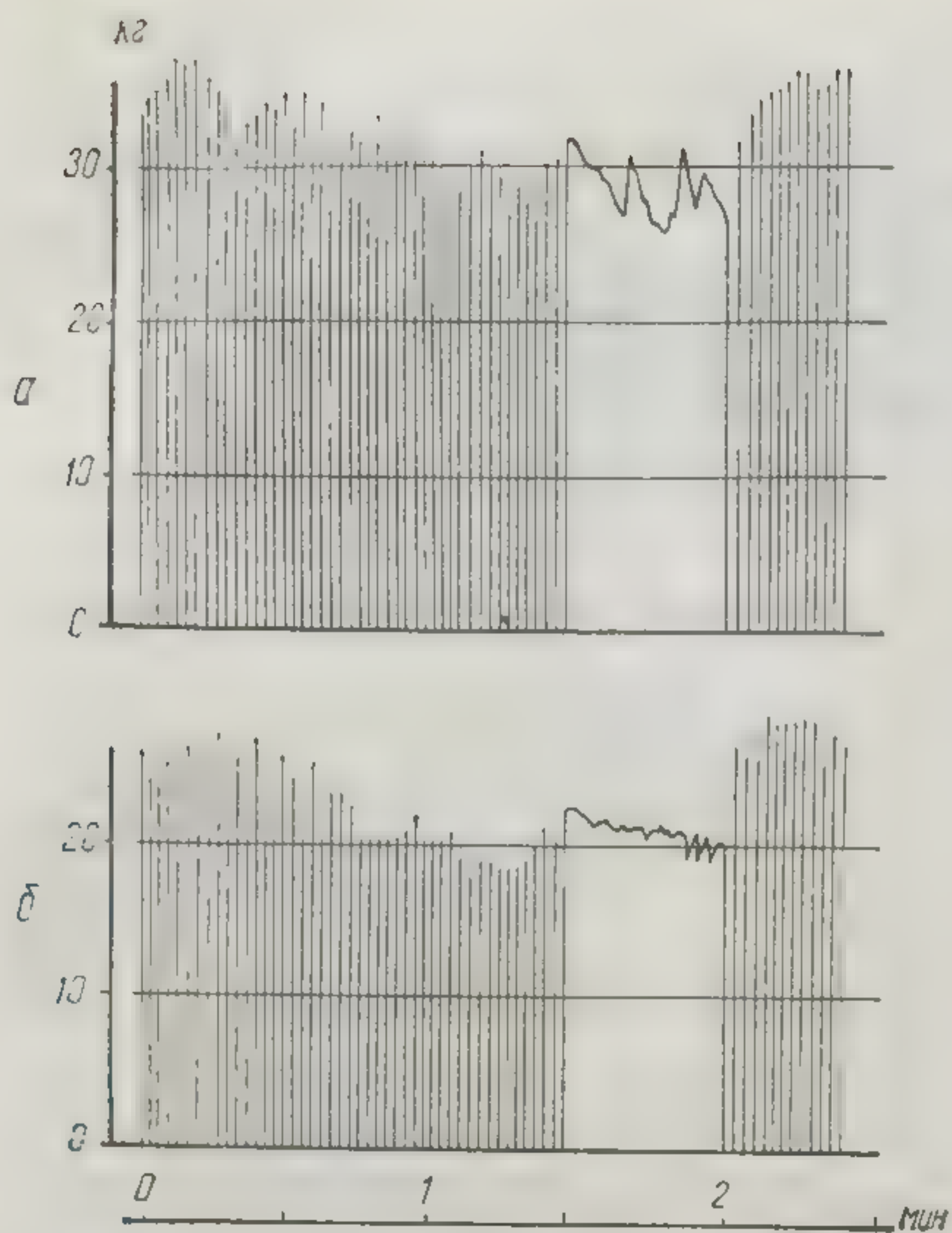


Рис. 47. Изменение силы сокращений сгибателей (а) и разгибателей (б) мышц спины у испытуемого С-и при статическом усилии в течение 30 секунд. Обозначения те же, что и на рис. 46.

при разгибании — в среднем на 5,5 кг, при сгибании — на 5,7 кг. Таким образом, результаты этих опытов совпадают с данными аналогичных опытов, в которых исследовались сокращения мышц предплечья.

Наши данные не являются единственными. Раньше подобные опыты тоже проводились, в них были получены аналогичные результаты. Так, Л. Л. Васильев и А. А. Князева (1926) заметили, что при переходе от работы 60 сгибаний в минуту (на пальцевом эргографе А. Mosso) к 30 сжиманиям работоспособность резко увеличивается. Я. А. Шейдин и В. Г. Куневич (1934) установили, что динамическая работа, выполняемая после статической, превосходит по величине динамическую, которая предшествовала статической.

45 разгибаний спины за полторы минуты (т. е. 30 разгибаний в минуту). Выполнив последнее движение, он по сигналу в течение 30 секунд оставался в максимально разогнутом положении, удерживая тросы динамографа натянутыми. Затем (снова по сигналу) испытуемый возобновлял прежнюю работу—делал 10 разгибаний. На этом работа прекращалась.

Порядок проведения опытов со сгибанием спины был таким же.

На рисунке 47 приведены характерные динамограммы разгибания и сгибания спины у испытуемого С-и. Несмотря на большую утомляемость испытуемого во время статической работы, сила ритмических разгибаний и сгибаний спины после нее значительно возросла:

Все эти данные свидетельствуют о точности установленной закономерности.

Эти несоответствия в расходовании и восстановлении энергетических веществ присущи всему живому. Их можно установить даже на нервно-мышечном препарате лягушки. Мы остановимся здесь на опыте И. С. Беритова (1927, 1947), который по своей структуре соответствует нашим опытам на людях. В его опыте нерв нервно-мышечного препарата лягушки раздражался размыкательными индукционными ударами тока через каждые 2 секунды в течение 17 минут. В течение этого времени периоды раздражения учащались в 4 раза, т. е. на нерв подавалось по 2 удара током в 1 секунду. Сперва это учащение раздражений приводило к усилению сокращения мышцы, а во время утомления (на фоне ослабления одиночных сокращений) — к повышению работоспособности препарата. (Как первый, так и второй факт полностью соответствуют нашим данным, которые получены при исследованиях людей). И. С. Беритов предполагает, что эти явления, «по-видимому, зависят от продуктов метаболизма нервных окончаний».

Описанные выше опыты Чернова (1888) тоже свидетельствуют о том, что регуляция соотношения процессов расходования и восстановления активных энергетических веществ присуща даже самой мышце.

В опытах, описанных в предыдущем разделе, было установлено, что интенсивность процесса расходования энергетических веществ в большой степени зависит от интенсивности работы, а процесса восстановления — от интенсивности расходования энергетических веществ. Во время опытов было также замечено, что восстановительный процесс идет более медленно, чем процесс расходования веществ. Всякое увеличение интенсивности работы (судя по исследованиям, приведенным в этом разделе) вызывает усиление не только процесса расходования, но и процесса восстановления энергетических веществ. В начале уменьшения интенсивности работы резко снижается потребность в этих веществах, но восстановительный процесс, вследствие своей инертности, еще продолжает некоторое время усиленно развиваться. Поэтому сила сокращений утомленных мышц увеличивается.

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ НА СООТНОШЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСХОДОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

Исходя из литературных данных можно предположить, что вследствие тренировки мышц интенсивность обоих этих процессов увеличится. Но одинаково ли изменятся эти два процесса? Благодаря какому из них больше всего увеличится работоспособность?

Чтобы ответить на эти вопросы, были проведены опыты на трех испытуемых, которые раньше подвергались исследованию. Все испытуемые ежедневно в течение двух недель до полного утомления сжимали ручки динамографа 120 раз в минуту. (Под полным утомлением подразумевалось снижение силы мышц на 90—100% относительно исходной величины). В начале тренировки такая работа длилась не более полутора минут. В дальнейшем она увеличивалась и, спустя две недели, могла выполняться в течение пяти минут. У всех испытуемых получены однотипные данные. Диаграмма одного из них дана на рисунке 48.

Если обратим внимание на силу сгибателей пальцев 3-ч, то увидим небольшие ее изменения: в результате 15-дневной трени-

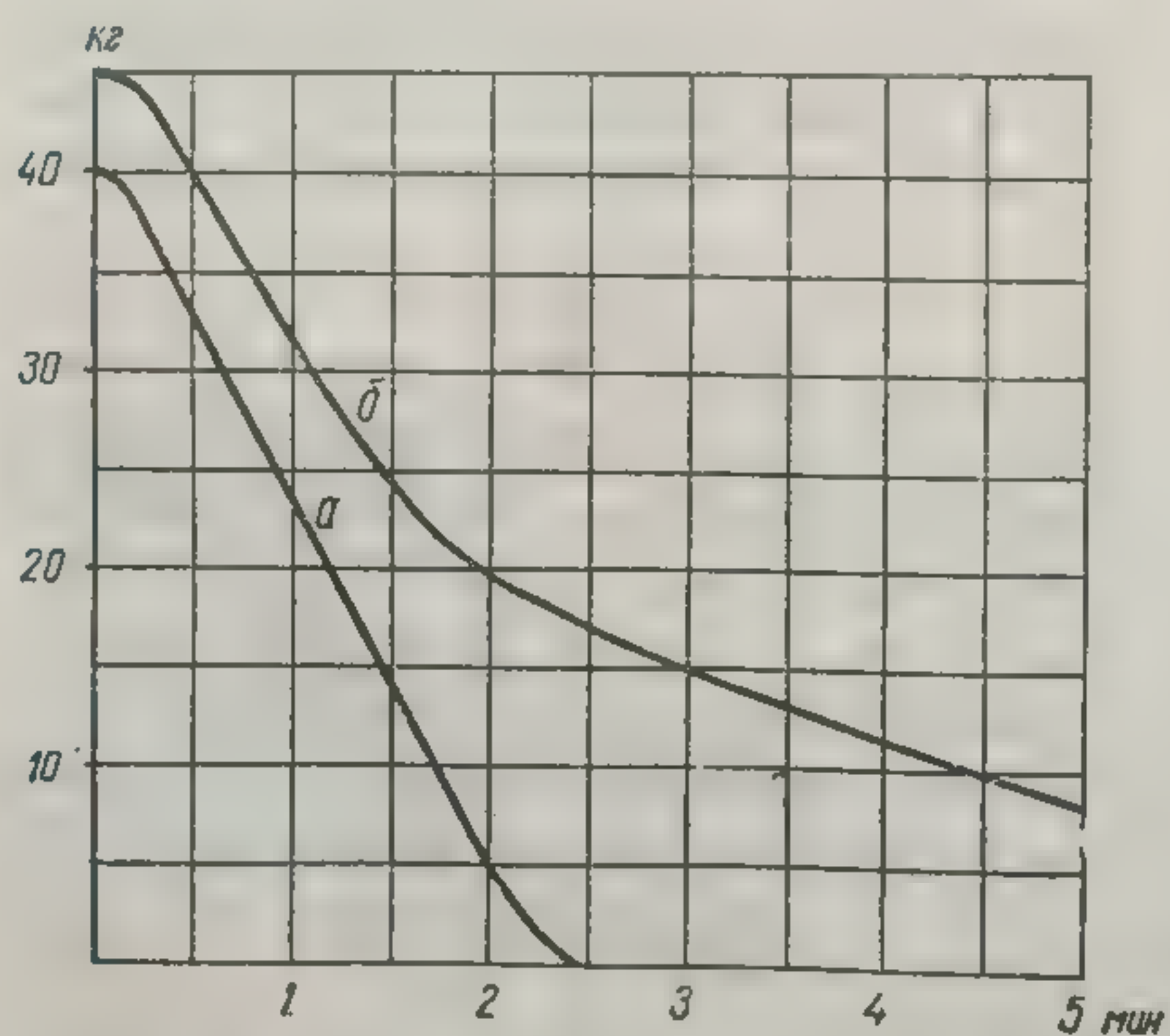


Рис. 48. Ослабление силы сгибателей пальцев испытуемого 3-ч во время работы со скоростью 120 сокращений в минуту, выполняемой до (а) и после тренировки (б).

ровки сила мышц увеличилась на 4 кг. В то же время их работоспособность увеличилась более чем вдвое: если до тренировки работа могла выполняться в течение 1,5—2 минут, то после тренировки — свыше 5 минут.

На основе этих данных мы пришли к выводу, что функциональные способности мышц увеличиваются главным образом благодаря восстановительному процессу. Следовательно, во время тренировки мышечной системы

сильно совершенствуются активирующие системы, которые быстрее активируют энергетические вещества. В несколько меньшей степени — судя по небольшому увеличению силы мышц — совершенствуется процесс расходования энергетических веществ. По-видимому, этот процесс у человека очень интенсивен и до тренировки, поэтому он мало изменяется под ее влиянием.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ УТОМЛЕНИЯ РАЗНЫХ МЫШЕЧНЫХ ГРУПП ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберем две особенности мышечной деятельности, которые помогут лучше понять описанные выше закономерности корреляции процессов расходования и восстановления энергетических веществ при мышечной работе.

В этом разделе мы представляем читателю данные экспериментальных исследований (1953), особенностей развития утомления при статической и динамической работе человека. Они были проведены на 6 студентах вузов. В одних опытах испытуемые непрерывно изо всей силы сжимали правой кистью ручки динамографа, в других — ритмически, 80—120 раз в минуту.

Типичная диаграмма, полученная в одном из таких опытов, дана на рисунке 49, на котором видно, что у испытуемого К-о утомление развивается одинаково как при статической, так и при динамической работе с частотой 100 сокращений в минуту.

Во время исследований выяснилось, что некоторым испытуемым для получения такого эффекта нужно было сжимать ручки динамографа 80—90 раз в минуту, а некоторым — 110—120 раз. Таким образом, у каждого испытуемого можно было определить интенсивность динамической работы, при которой возникало утомление, точно соответствовавшее утомлению при статической работе.

Сложившееся у многих исследователей представление о большей утомляемости от статической работы, чем от динамической, неточно. Оно явилось, вероятно, результатом неправильного толкования данных опытов с использованием ртутных динамографов, которые не годятся для регистрации интенсивной работы. В действительности дело зависит в первую очередь от того, какова интенсивность динамической работы. Интенсивная динамическая работа может быть такой же или даже более утомитель-

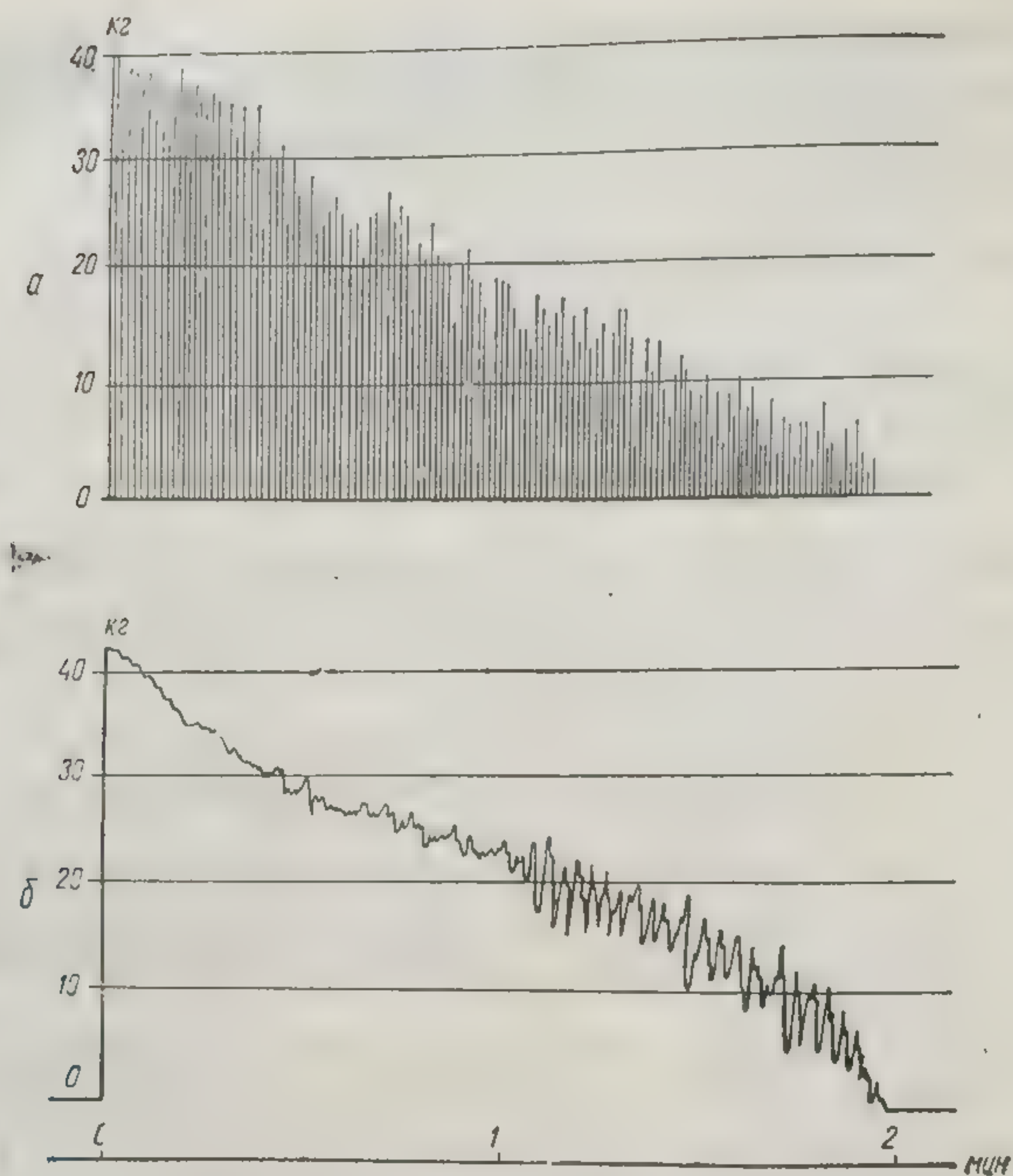


Рис. 49. Снижение силы мышц сгибателей пальцев у испытуемого К-о при динамических сокращениях со скоростью 100 раз в минуту (а) и статической (б) работе.

ной, чем статическая. Многое зависит и от тренированности испытуемого.

Мы пришли к выводу, что при статической и при интенсивной динамической работе процессы расходования и восстановления энергетических веществ одинаковы. Статическая работа, по нашему мнению, есть не что иное, как интенсивная динамическая работа. В этом легко убедиться, если вести запись статической работы на высокочувствительном динамографе. Запись сокращения сгибателей пальцев представляет не прямую линию, а кривую с хорошо выраженными зубцами. Это свидетельствует о не-

...время с
...но в
...силы
...зубцы.
Идентич
мышечных
...обу
Здесь мы о
изучении у
пальцев пр
ний которы
Исследо
14—16 лет
бателей спи
динамограф
этих мышц
личную уто
третьей ми
другому из
постепенно
130—135%
К концу п
90—95% и
кости спос
но не могу
ны она раз
но долго.
Таким
ственна р
становлен
которые в
щаются н
осанку. С
с максим

ЗАКЛ
Во вр
расходо
Их интер
ких сокр

прерывном сокращении и расслаблении мышц. У одних испытуемых эти сокращения и расслабления более заметны, у других — менее, но во всех случаях при развитии утомления запись ниже зубцы.

Идентичные данные были получены при сокращении других мышечных групп, правда, в каждом случае с некоторыми изменениями, обусловленными особенностями их функционирования. Здесь мы остановимся на данных, полученных нами (1955) при изучении утомления двух мышечных групп: сгибателей спины, пальцев правой руки, продолжительность и быстрота сокращений которых различна.

Исследованиями, которые были проведены на 10 юношах (14—16 лет), установлено, что начальная сила сокращений сгибателей спины и пальцев, регистрировавшаяся универсальным динамографом, одинакова — 40—50 кг. Динамическая работа этих мышц с частотой 30 сокращений в минуту вызвала их различную утомляемость. Сила сгибателей правой кисти к концу третьей минуты работы постепенно снизилась на 25—35%. По-другому изменилась сила мышц сгибателей спины. Сначала она постепенно увеличилась, достигнув к концу второй минуты 130—135% исходной величины, но затем — стала снижаться. К концу пятой минуты работы сила мышц спины составила 90—95% исходной величины. Следовательно, сгибатели правой кисти способны развивать максимальную силу в начале работы, но не могут долго ее поддерживать, тогда как у сгибателей спины она развивается постепенно и может поддерживаться довольно долго.

Таким образом, для разных мышц во время их работы свойственна различная интенсивность процессов расходования и восстановления энергетических веществ. Она зависит от функций, становления энергетических веществ. Мышцы спины сокращают которые выполняют мышцы в организме. Мышцы спины сокращаются не с максимальной силой, но постоянно поддерживают осанку. Сгибатели пальцев функционируют короткое время, но с максимальной силой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время сокращения мышц одновременно идут два процесса: расходование и восстановление активных энергетических веществ. Их интенсивность определяется ритмом самой работы. При редких сокращениях полностью восстанавливаются израсходованные

энергетические вещества. В этих случаях работоспособность мышц довольно долго не снижается. Во время частых сокращений мышц процесс расходования энергетических веществ идет настолько интенсивно, что процесс восстановления не успевает за ним. Это влечет за собой резкое снижение работоспособности мышц, а затем и прекращение их работы.

Процесс восстановления находится в прямой зависимости от процесса расходования (чем интенсивнее идет расходование активных энергетических веществ, тем быстрее они восстанавливаются). Но эти процессы сильно различаются между собой. Процесс расходования идет быстро, тогда как процесс восстановления — более медленно. Вследствие этого процесс расходования энергетических веществ с самого начала работы может идти с максимальной интенсивностью, тогда как восстановительный процесс становится наиболее интенсивным спустя некоторое время. Эти особенности двух процессов наиболее заметны во время изменения интенсивности работы. В такие моменты процесс расходования энергетических веществ изменяется в соответствии с изменением интенсивности самой работы; а восстановительный процесс несколько отстает от этих быстрых перемен и затягивается. Все эти явления очень хорошо определяются при утомлении, когда уже нет запасов активных энергетических веществ. В начале работы их трудно заметить, т. к. в запасе достаточно активных энергетических веществ, за счет которых идет сокращение мышц.

Установленные закономерности оказались присущими не только целому организму человека и его системам, но также и изолированному нервно-мышечному препарату лягушки. Поэтому мы вправе сказать, что они свойственны всем существам, выполняющим мышечную работу.

Мы пришли к выводу, что оба процесса регулируются разными отделами нервной системы: первый процесс — расходование активных энергетических веществ — регулируется соматической, а второй — восстановление активных энергетических веществ — вегетативной нервной системой. Правда, пока нет прямых доказательств правильности сделанного заключения, но есть много косвенных данных, говорящих в его пользу. Так, феномен Орбели — Гинецинского свидетельствует о том, что восстановительный процесс регулируется симпатической нервной системой, т. к. при раздражении симпатических нервов лягушки восстанавливается работоспособность ее утомленной мышцы. Это явление обнаружено ими и на теплокровных животных (1927). В этом феномене

мы находим много сходства с характером повышения работоспособности при усилении восстановительного процесса, которое отмечено в наших опытах. Обнаруженные в опыте Орбели — Гинера следующие особенности функций мышц лягушки (при раздражении симпатической нервной системы эффект наступает после продолжительного скрытого периода; работоспособность восстанавливается постепенно: сокращения мышц усиливаются постепенно, каждое последующее сокращение больше предыдущего, иногда даже после раздражения симпатического нерва; повышенная мышечная деятельность отмечается и после окончания раздражения) выявлены и в наших опытах над людьми.

Есть много и других фактов. Например, Г. И. Степанов (1924), поставив опыты с прижизненной окраской метиленовой синькой, пришел к заключению, что симпатическая нервная система управляет окислительными процессами в работающей мышце. Л. А. Орбели (1923) в одних опытах, а А. Н. Крестовников (1927) — в других обнаружили, что симпатическая нервная система усиливает окислительные процессы в мышце.

Е. М. Крепс и В. В. Стрельцов (1928) с помощью метода электрометрического титрования выявили большие изменения обмена молочной кислоты и фосфора под действием симпатической нервной системы. Позже эти данные были подтверждены в опытах с прямым определением молочной кислоты и фосфорных фракций (В. Н. Борсук, Н. А. Вержбицкая, Е. М. Крепс, Н. И. Михельсон, В. В. Стрельцов, 1934).

Чем больше появляется подобных сообщений, тем больше мы убеждаемся в том, что восстановительный процесс, активизирующий энергетические вещества, которые необходимы для сокращений мышц, регулируется симпатической нервной системой.

Процесс расходования энергетических веществ в скелетной мышце без всяких сомнений регулируется преимущественно соматической нервной системой. Трудно представить сокращение мышц без мгновенных биохимических процессов в ответ на импульсы, пришедшие по соматическим нервам. Во время мышечной деятельности осуществляется теснейшая связь и взаимодействие между соматической и вегетативной нервной системой, без них невозможна слаженная работа мышц.

Сила мышечных сокращений зависит от регуляции соматической нервной системы и наличия активных энергетических веществ. Продолжительность работы зависит от регуляции вегетативной нервной системы, управляющей восстановительным процессом. При этом надо учитывать структуру самой мышцы, коли-

чество пассивных энергетических веществ, благодаря которым возможна ее функция.

Длительная тренировка мышц способствует усилению процессов расходования и восстановления энергетических веществ, но они изменяются неодинаково. Больше всего повышается восстановительный процесс, т. к. повышение работоспособности мышц под влиянием тренировки идет не столько вследствие увеличения их силы, сколько в результате увеличения продолжительности работы: за одно и то же время тренировки сила сокращения мышцы увеличилась примерно на четверть по сравнению с исходной величиной, а продолжительность работы — в несколько раз.

Чтобы лучше проанализировать процессы, проходящие в исполнительных системах организма, в этой главе мы почти не уделяли внимания роли коры головного мозга в регуляции процессов расходования и восстановления энергетических веществ при мышечной работе.

Глава девятая
РОЛЬ ВЫСШИХ
В РЕГУЛЯЦИИ
И ВОССТАНОВЛЕНИИ

Еще в первых
замечено влия
и сокращений. Та
евич (1892) уста
тель сразу же в

То, что на мышце
редственное влия
нет сомнения. По
связана бесчисл
ми нервами с го
ре головного мо
ству периферии
Большое знач
та в мышечно
тсменов, пров
и его ученик
остоянии орга
з, приготовивш
толнением упр
рте (Н. К. Ко
и дыхание у
акции организ
а. его класса, т
блестящих.
К этому мож
М. Василевск
939), Т. Д. Бу
и Е. П. Ма
ые определи
Зак. 1038

Глава девятая

РОЛЬ ВЫСШИХ НЕРВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В РЕГУЛЯЦИИ ПРОЦЕССОВ РАСХОДОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

Еще в первых исследованиях мышечной работоспособности было замечено влияние внешних раздражений на силу мышечных сокращений. Так, В. О. Бугославский (1891) и П. А. Конопасевич (1892) установили, что неожиданный внешний раздражитель сразу же вызывает повышение работоспособности человека.

То, что на мышечную деятельность человека оказывает непосредственное влияние кора головного мозга, ни у кого не вызывает сомнения. Пожалуй, ни одна система организма так тесно не связана бесчисленными центростремительными и центробежными нервами с головным мозгом, как мышечная. Да и в самой коре головного мозга большая область «отведена» представительству периферической двигательной системы.

Большое значение для определения роли коры головного мозга в мышечной деятельности человека имели исследования спортсменов, проведенные, в первую очередь, А. Н. Крестовниковым и его учениками. Особый интерес представляют их данные о состоянии организма боксеров перед боем (Г. С. Ган), прыгунов, подготовившихся к прыжку (Н. В. Лелин), гимнастов перед выполнением упражнений (Я. Б. Лехтман) и конькобежцев на старте (Н. К. Косицына). Оказалось, в это время кровообращение и дыхание у них усиливалось. Величина этой предстартовой реакции организма зависит от типа нервной системы спортсмена, его класса, тренированности и даже от состава конкурентов в состязании.

К этому можно добавить наблюдения Е. Наас (1928), В. М. Василевского и Э. М. Каган (1935), Д. И. Шатенштейна (1939), Т. Д. Бурмистровой, В. М. Василевского, Б. А. Кацнельсон и Е. П. Мартьяновой (1947), Е. Roush (1951) и других, которые определили резкое увеличение силы и выносливости мышц

у находящихся под гипнозом. Следовательно, кора головного мозга способна увеличивать работоспособность мышц.

Проводя изучение работоспособности человека, исследователи вначале только констатировали факт влияния коры головного мозга на утомляемость сокращающихся мышц. Они лишь отмечали увеличение или уменьшение утомляемости под влиянием условного сигнала или вследствие изменения психики человека. В последующем они начали делать попытки определить механизм этих влияний. Все чаще и чаще экспериментаторам нужно было установить, каким путем, в какой степени головной мозг влияет на процессы расходования и восстановления энергетических веществ во время мышечной работы. В некоторых исследованиях они этого добились. Н. К. Верещагин и В. В. Розенблат, например, доказали (1952), что с помощью условного сигнала можно повысить интенсивность восстановления энергетических веществ. В поставленных ими опытах испытуемые выполняли статическую работу, равную половине максимального сокращения мышц. Как только появлялось утомление, подавался индифферентный раздражитель — свет или звук, который после нескольких десятков сочетаний со статическим сокращением мышц становился условнорефлекторным раздражителем. Оказалось, что он вызывает увеличение продолжительности работы до появления утомления. Исследователи справедливо заметили, что условный рефлекс является отражением безусловного, на который он был образован. Таким образом, в этих опытах они получили условный рефлекс не на мышечное утомление, а на восстановление работоспособности.

О возможности образования условного рефлекса не на изменение внешней среды, а на приспособительную реакцию организма к этим изменениям уже сообщалось в научной литературе. Первыми ее установили А. А. Зубков и Г. Н. Зилов (1937), которые многократно вводили собаке адреналин под стук метронома. После образования условного рефлекса стук метронома, вид станка, подкожная инъекция физиологического раствора вместо адреналина вызвали у собаки не учащение сердцебиения, которое вызывает адреналин, а уменьшение числа ударов (т. е. условный раздражитель связывался не с действием адреналина, а с компенсаторной реакцией на это действие).

В 1953 году мы провели на четырех испытуемых опыты, в которых с помощью условных раздражителей могли изменять процессы расходования и восстановления энергетических веществ. Для этих опытов мы построили специальную камеру. Она

построена та-
кого увели-
мышцы. Испы-
возникающ-
сжимает пр-
величение н-
выключении-
чением элек-
завать испыту-
вышения) наг-
выполнял у-
со снова вклю-
том образом,
ствующее см-
— последние
Сначала мы
уменьшение
на динамогра-
инут (по 30 ра-
ографа. За это-
торы, три и чет-
ный рефлекс на-
десять дней. На-
трижды, но бе-
Начиная с
испытуемь-
не на ум-
мышцы.
тук сочета-
та в камере.
условный реф-
перерывом
того рефлекс-
Ввиду тог-
динамовыми
50 и 51 дина-
динамограм-
та, при перв-
но, что это
жины дина-
щения рабо-
На пять
14*

была устроена так, что экспериментатор мог незаметно для испытуемого увеличивать или уменьшать нагрузку на работающие мышцы. Испытуемый в ответ на вспышки сигнальной лампы, возникающие через каждые две секунды, с максимальной силой сжимал правой кистью ручки динамографа.

Увеличение нагрузки на работающие мышцы сопровождалось выключением верхнего света в камере, а ее уменьшение — включением электрического звонка. Эти сигналы мы начинали подавать испытуемому за десять секунд до увеличения (или уменьшения) нагрузки. В следующие двадцать секунд испытуемый выполнял утяжеленную (или облегченную) работу. После этого снова включался верхний свет (или прекращался звонок). Таким образом, сигнал продолжался тридцать секунд, а соответствующее ему изменение нагрузки на работающие мышцы — последние двадцать секунд его действия.

Сначала мы образовывали у испытуемого условный рефлекс на уменьшение нагрузки (подавался звонок и ослаблялась пружина динамографа). Испытуемый каждый день в течение шести минут (по 30 раз в минуту) сжимал правой кистью ручки динамографа. За это время рефлекс подкреплялся трижды: через полторы, три и четыре с половиной минуты от начала работы. Условный рефлекс на уменьшение нагрузки на мышцы формировался десять дней. На одиннадцатый день условный сигнал применялся трижды, но без его подкрепления уменьшением нагрузки.

Начиная с двенадцатого дня опыта мы образовывали у тех же испытуемых такой же условный рефлекс в течение десяти дней не на уменьшение, а на увеличение нагрузки на работающие мышцы. Порядок опыта был таким же, но увеличение нагрузки сочеталось не со звонком, а с выключением верхнего света в камере. За эти десять дней два-три раза подкреплялся условный рефлекс на звонок. В последний день исследования с перерывом в десять секунд определялась прочность образованного рефлекса на звонок и выключение света.

Ввиду того, что результаты опытов у всех испытуемых были одинаковыми, мы ограничиваемся представлением на рисунках 50 и 51 динамограмм только одного из них (М-ва). На первой динамограмме М-ва (рис. 50, а), полученной в первый день опыта, при первом сочетании звонка с уменьшением нагрузки видна, что это уменьшение нагрузки (вследствие ослабления пружины динамографа) ведет к значительному увеличению сокращения работающих мышц.

На пятый день опыта (вторая динамограмма — рис. 50, б)

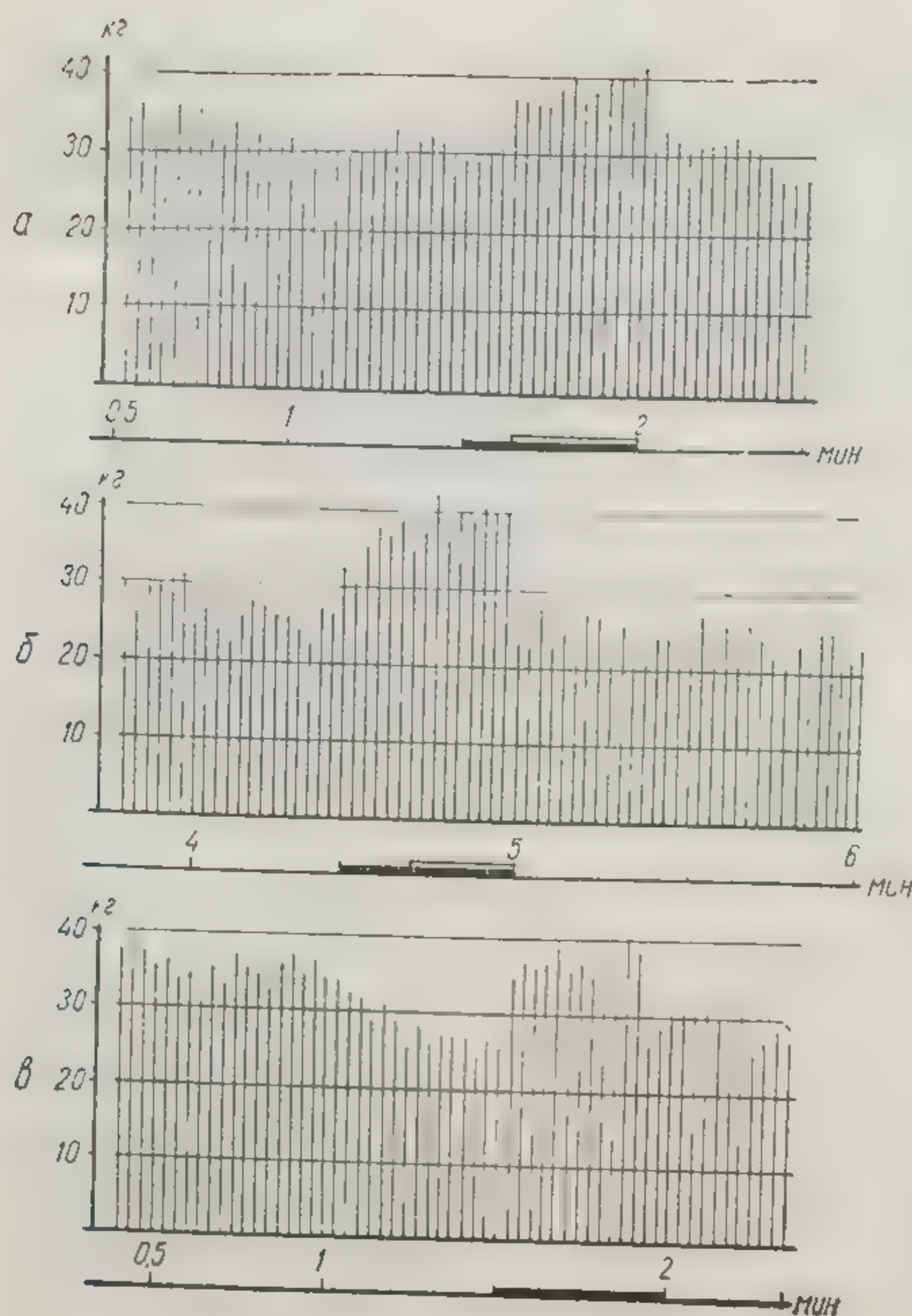


Рис. 50. Изменение силы сокращений сгибателей пальцев испытуемого М-ва в зависимости от образования условного рефлекса: а — в первый, б — пятый и в — одиннадцатый день опыта (каждый вертикальный столбик соответствует одному сокращению сгибателей пальцев. По горизонтали жирной линией отмечено время включения звонка. Горизонтальной линией сверху отмечены сокращения мышц, когда выполнялась более легкая работа).

нию зубцов динамограммы. На третий день опыта условный сигнал дал очень небольшое уменьшение зубцов. Казалось бы, начинает проявляться условнорефлекторное уменьшение силы мышц. Но в следующих опытах получилось совсем иначе: выключение света приводило не к уменьшению, а к увеличению их сокращения (см. динамограмму б

было отмечено условно-рефлекторное увеличение силы сокращающихся мышц (в среднем около 5 кг), которая стала еще больше увеличиваться при уменьшении нагрузки.

Третья динамограмма (рис. 50, в) отражает действие звонка, примененного без подкрепления на одиннадцатый день опыта (тридцатое включение звонка) на сокращение мышц. Несмотря на то, что нагрузка на мышцы оставалась прежней, через десять секунд после начала действия условного сигнала сила их сокращения увеличилась.

На первой динамограмме рисунка 51 (а) зафиксировано изменение сокращения мышц при втором сочетании условного сигнала с увеличением нагрузки на мышцы. Выключение света не вызвало заметного изменения силы работающих мышц, но увеличение нагрузки на них, естественно, привело к уменьше-

рис. 51). Так как сопротивление пружины не изменялось, то несомненно, что это увеличение было вызвано условным сигналом. Как видно на этой динамограмме, при первой демонстрации условного сигнала повышение нагрузки вызвало более значительное снижение силы мышц, чем раньше. Иными словами, испытуемый, выполняя работу при увеличении сопротивления пружины, сжимал ручки динамографа хотя и слабее, чем до нагрузки, но все же сильнее, чем в предыдущих опытах. Следовательно, за все время действия условного сигнала сила сокращений мышц повысилась. Эти явления выражены еще более ярко на динамограмме, полученной на одиннадцатый день опыта. Так образуется новый условный рефлекс. Испытуемый реагирует на повышение

нагрузки увеличенным усилием. В самом деле, испытуемый ощущает большее сопротивление пружины, чем раньше, и реагирует на это попыткой его преодолеть. Выключение верхнего света в камере постепенно стало для него условным стимулом к увеличению силы сокращения сгибателей кисти.

Наконец, мы разберем последнюю динамограмму испытуемого М-ва, записанную на одиннадцатый день опыта, когда на

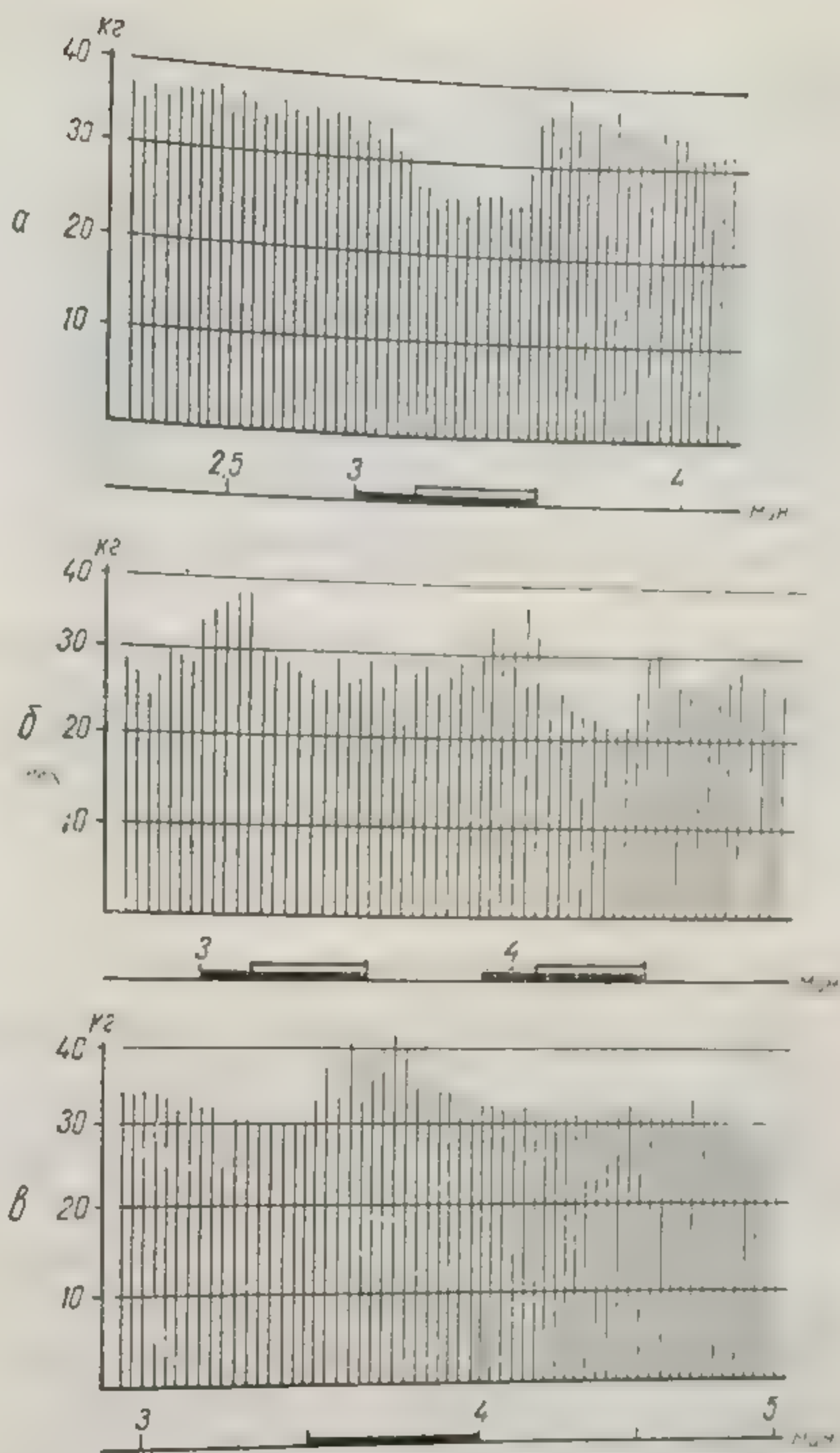


Рис. 51. Изменение силы сокращений сгибателей пальцев испытуемого М-ва в зависимости от образования условного рефлекса: а — на третий, б — восьмой и в — одиннадцатый день опыта (по горизонтали жирной линией отмечено время выключения освещения. Горизонтальной линией сверху отмечены сокращения мышц, когда выполнялась более тяжелая работа).

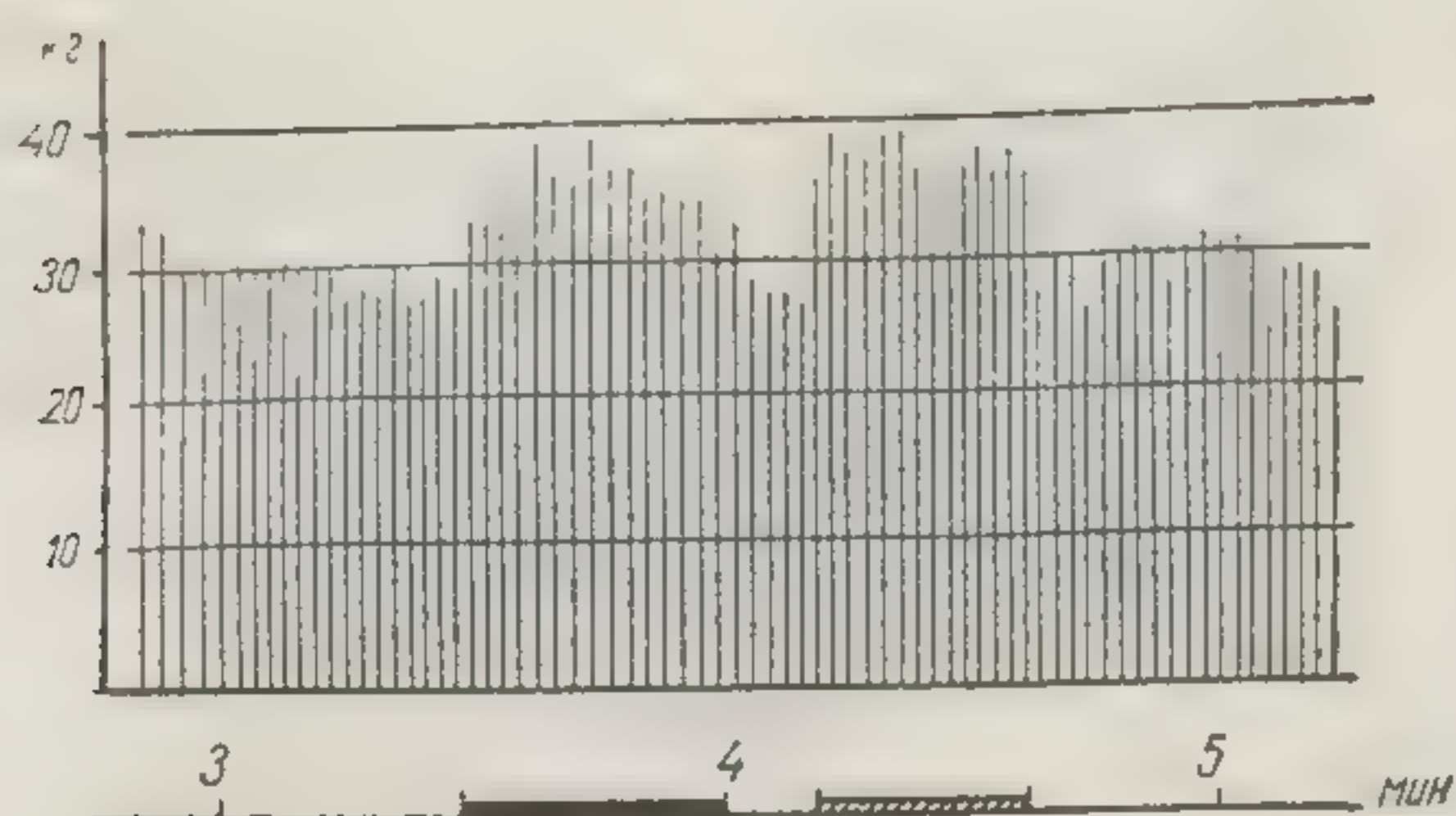


Рис. 52. Изменение силы правой кисти испытуемого М-ва под действием условных рефлексов (по горизонтали более жирной черной линией отмечено время выключения света и серой линией — время действия звонка).

На двадцать третий день исследования у всех испытуемых трижды определялась прочность образованных условных рефлексов на выключение света и звонок. Несмотря на то, что условные рефлексy и на звонок и на выключение света проявлялись одинаково — увеличением силы сокращающихся мышц, они существенно отличались друг от друга своим характером. При выключении света сила работающих мышц увеличивалась постепенно и также постепенно убывала, поэтому динамограмма представляла не «плато», а «гору». При включении звонка сила работающих мышц немедленно увеличивалась, оставаясь на время действия сигнала более или менее одинаковой — динамограмма представляла своеобразное «плато» (см. рис. 52).

Чем объяснить разное увеличение силы работающих мышц во время звонка и выключения света? Во время звонка нагрузка на работающие мышцы уменьшалась, а при выключении света — увеличивалась. Очевидно, в этом и следует искать причину разного характера условных рефлексов на сигналы.

Включая звонок, экспериментатор одновременно сразу уменьшал сопротивление пружины динамографа. Через тридцать секунд сопротивление пружины сразу восстанавливалось. В соответствии с этим сокращения сгибателей пальцев испытуемого резко увеличивались и через тридцать секунд также резко уменьшались, получив свои точные отображения в условном рефлексe.

испытуемого в течение 30 секунд действовал только условный сигнал. За это время сила работающих мышц постепенно увеличилась и, достигнув максимума к середине демонстрации сигнала (на 10 кг выше, чем до сигнала), постепенно стала убывать. После прекращения действия сигнала наступило слабо выраженное обратное последствие, т. е. ненадолго сила сокращающихся мышц становилась несколько ниже исходной.

Выключение света сопровождалось не уменьшением сопротивления пружины динамографа, а увеличением. В этих случаях экспериментатор тоже сразу менял сопротивление пружины. Следовательно, образовавшийся рефлекс должен быть прямой противоположностью условного рефлекса на звонок. Но этот условный рефлекс отражает не непосредственное увеличение сопротивления пружины, а приспособительное увеличение силы работающих мышц, которое нарастает и убывает постепенно. Оно и проявляется условнорефлекторным путем.

Такие же исследования провела О. В. Осипова (1958), она получила сходные данные.

Скорость усиления процессов расходования и восстановления энергетических веществ при мышечной работе может изменяться и под влиянием представления самой работы. Есть много сообщений о том, что под влиянием услышанного слова или представления у человека резко повышается или снижается сила мышечных сокращений.

Мы применяем выражения «представление увеличения частоты», «представление работы», а не «представление об увеличении частоты», «представление о работе», потому что последние термины включают наряду с конкретными абстрактные понятия. Наши испытуемые представляли себе выполнение определенной работы. Следовательно, речь идет о том, что И. П. Павлов называл образным мышлением.

Для изучения влияния представления о работе на характер изменения силы мышечных сокращений мы провели специальные исследования (1953) на пяти испытуемых, которые должны были отвечать на вспышки сигнальной лампочки (через каждые 2 секунды) сокращением мышц предплечья. Их предварительно предупреждали, что временами сигнальная лампочка будет вспыхивать в течение минуты вдвое чаще, но они должны выполнять работу с прежней частотой. Однако при дополнительных вспышках им нужно мысленно ответить на сигналы.

У всех испытуемых получены идентичные результаты. Динамограмма одного из них (К-в) изображена на рисунке 53. Судя по ней, у К-в в период представления работы сила мышечных сокращений увеличилась. У одних испытуемых это увеличение было небольшим — в пределах 4—5 кг, у других — значительным, даже 10 кг. Таким образом, сила мышечных сокращений при представлении работы увеличивалась почти на треть. Поэтому, в этот период в работающих мышцах увеличивается количество активных энергетических веществ. Дополнительное

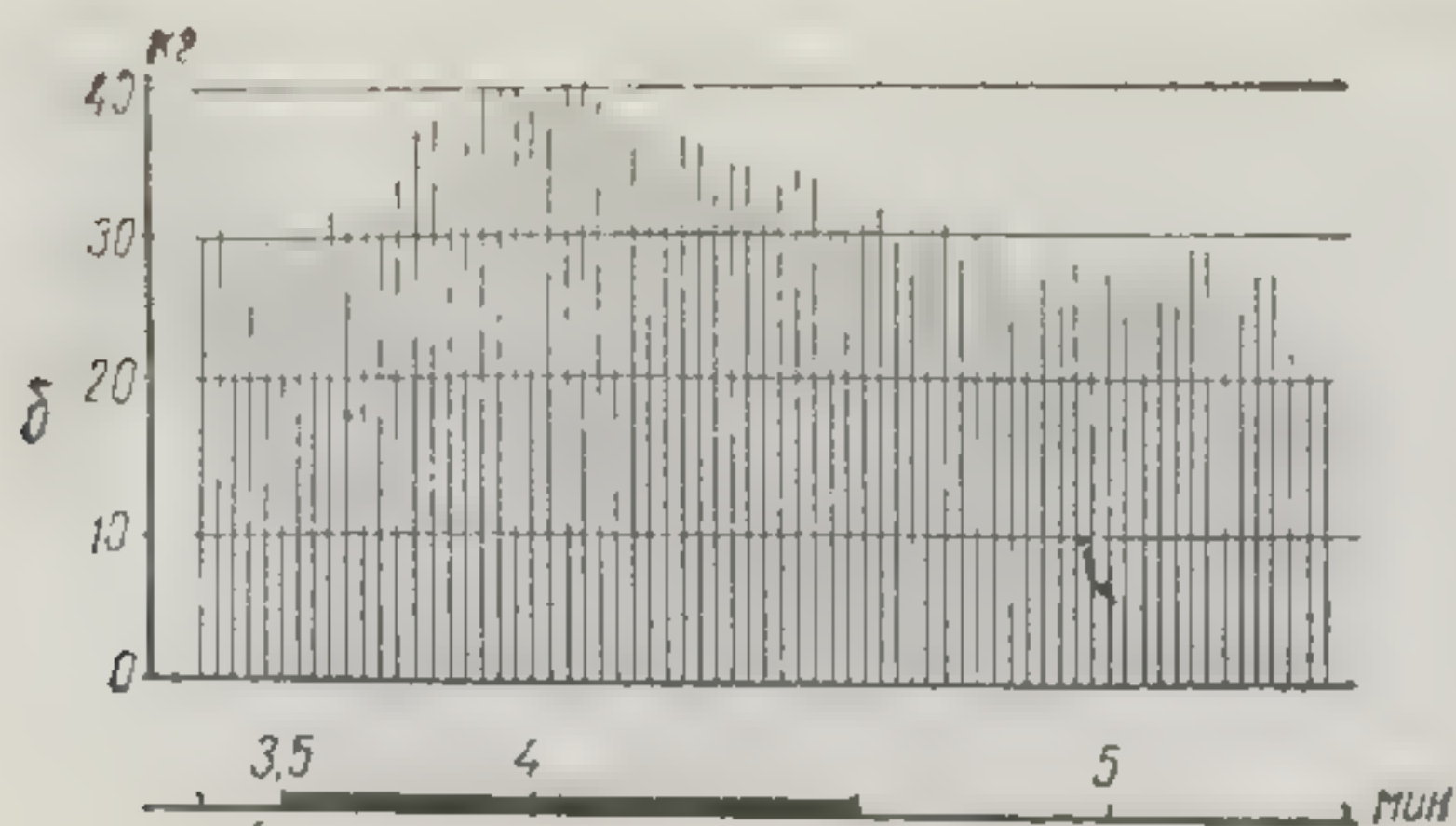


Рис. 53. Изменение силы сокращений мышц правой руки испытуемого К-з во время мнимого выполнения работы (отмечено на горизонтали жирной линией).

значительно может усиливать восстановление энергетических веществ в мышце. Это значит, что на биохимические процессы в мышце влияет кора головного мозга.

В других исследованиях (1953) мы отметили, что в начале работы под влиянием коры головного мозга у испытуемых изменяется сила мышечных сокращений. Обратимся к фактам. Испытуемые, начиная выполнять интенсивную работу, сжимали ручки динамографа с меньшей силой, чем при выполнении менее интенсивной работы. Первые максимальные мышечные усилия были тем меньше, чем чаще они делались. Результаты опытов почти не изменялись, когда мы говорили испытуемым об этом. По полученным данным можно предположить, что испытуемые были подготовлены к выполнению работы большой интенсивности. Эта подготовка организма самими испытуемыми не осознавалась. Они были убеждены, что всегда сжимали ручки динамографа с одинаково предельной силой.

Мы пришли к заключению, что в зависимости от характера предстоящей работы кора головного мозга заранее изменяет интенсивность процесса расходования энергетических веществ.

Идентичные данные при изучении условных рефлексов у людей были получены С. Л. Либерман и Г. А. Трубицыной (1954), А. М. Марусевой и Л. А. Чистович (1954), О. В. Осиповой (1958). Они доказали, что предварительное словесное предупреждение изменяет возбудимость коры головного мозга и этим значительно облегчает образование и проявление условных рефлексов.

Итак, интенсивность процессов расходования и восстановле-

представление о работе как бы увеличивало объем работы вдвое (испытуемому нужно было сделать 30 действительных и 30 мнимых сокращений). Это, соответственно, и вызвало усиление восстановительного процесса. Но так как фактическая работа оставалась прежней, то дополнительное количество активных энергетических веществ положительно повлияло на силу действительных мышечных сокращений.

Следовательно, человек со-

ния активных энергетических веществ в целостном организме в значительной степени зависит от их регуляции корой головного мозга. Последняя, в зависимости от обстоятельств, во время мышечной деятельности человека изменяет или процесс расходования или процесс восстановления активных энергетических веществ.

Регуляция процессов расходования и восстановления активных энергетических веществ осуществляется корой головного мозга как при сознательной, так и при бессознательной деятельности человека. Эта регуляция, как правило, способствует лучшему приспособлению организма к окружающей среде, более экономному расходованию энергетических веществ и лучшей защите функционирующих систем от разрушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уже В. О. Бугославский, А. Моссо (1891), П. А. Конопасевич (1892), И. М. Сеченов (1903) и другие указывали на то, что имеется центрально-нервный механизм утомления. Со временем появилось много фактов, свидетельствующих о влиянии высших нервных образований на утомляемость мышц. Некоторые ученые проявили желание установить механизм этих влияний. Еще Н. Е. Введенский (1903) пытался объяснить различные виды угнетения, в том числе и утомления, явлением парабноза. «Я думаю,— писал он,— что не менее плодотворным должно оказаться влияние этого общего положения на дальнейшее изучение тех состояний нервной ткани, которые обозначаются излюбленными терминами: «паралич», «утомление» и т. д.»

Идея Н. Е. Введенского была развита Л. Л. Васильевым и В. И. Рабиновичем (1923). «Сочетательный рефлекс сгибания работающего на эргографе пальца,— писал Л. Л. Васильев,— с течением времени прекращается не в силу отравления двигательного центра кенотоксином, а прежде всего в силу естественного торможения центров, вызванного перераздражением их, и предохраняющего двигательный прибор от дальнейшего чрезмерного напряжения». В 1926 году он вместе с А. А. Князевой развил ее дальше, добавив, «что причиной задержаний рабочих движений утомленного на эргографе пальца надо считать затухание «трудовой доминанты», иными словами — смену возбуждения длительно и усиленно работающих центров тормозящим последствием». По его мнению, процессы утомления сперва

развиваются в двигательных центрах, а затем распространяются на весь организм. Следовательно, для объяснения утомления при мышечной работе Л. Л. Васильев использовал теорию Н. Е. Введенского о парабнотическом торможении и теорию А. А. Ухтомского о доминанте.

В. И. Рабинович (1923) тоже считал, что «утомление в естественных условиях его происхождения является функцией сочетательно-рефлекторной деятельности организма и по характеру своему представляет собою рефлекс внутреннего торможения». Но он несколько иначе представлял механизм утомления. В. И. Рабинович создал свою теорию на основе данных собственных исследований. Он ежесекундно раздражал индукционным током нерв, иннервирующий сгибатель среднего пальца. Как только сгибания нагруженного пальца (0,5—1 кг) прекращались и он начинал раздражать этот же нерв немного выше, палец снова сгибался. Волевое усилие испытуемого тоже приводило палец в движение. Когда же нерв раздражался чуточку ниже (ближе к мышце), палец не сгибался. Эти факты В. И. Рабинович объяснил изменением состава ионов в тканях работающей системы. По его мнению, утомление первоначально наступает на периферии, в рабочем органе, вследствие накопления «тормозящих ионов» взамен исчезающих «возбуждающих ионов». Тормозящие ионы так же, как и возбуждающие, по мнению автора, создаются под влиянием коры головного мозга.

Такое объяснение В. И. Рабиновичем механизма утомления оказалось недостаточно убедительным и не разделялось физиологами. В то же время концепции Л. Л. Васильева продолжали развиваться. В последнее время они получили свое дальнейшее развитие в работах Н. К. Верещагина, В. В. Розенблата (1961). Для объяснения механизма утомления эти авторы также использовали концепцию Г. В. Фольборта (1949, 1951) о сопряженности процессов истощения, восстановления и торможения в функционирующей ткани, но только для анализа работы клеток коры головного мозга. Так, В. В. Розенблат в своей монографии писал: «Интенсивная работа (имеется в виду мышечная.— И. К.) неизбежно сопровождается истощением (расходом) ресурсов корковых клеток, их «функционального потенциала» по Г. В. Фольборту». «Происходящее при напряженной работе нервных клеток нарастание процессов истощения,— продолжал ученый,— сопровождается усилением процессов восстановления, идущих по ходу работы (ресинтез АТФ и пр.). Если истощение начинает значительно преобладать, появляется третий процесс—

охранительное торможение, оберегающее нервные клетки от дальнейшего истощения и усиливающее восстановительные процессы. Торможение возникает потому, что при нарастании истощения снижается лабильность клетки, происходит «затягивание концов выполняемая работа становится пессимальным раздражителем, вызывающим пессимально-парабиотическое или, по И. П. Павлову, запредельное торможение».

Таким образом, основным механизмом утомления при мышечной работе В. В. Розенблат считает торможение клеток коры головного мозга, возникшее вследствие их же истощения во время работы. Что касается исполнительных органов (т. е. самих мышц), то их изменения, по мнению В. В. Розенблата, «являются преимущественно вторичными и обусловлены изменением состояния высших нервных центров».

Такой же точки зрения придерживается С. П. Нарикашвили (1953), который тоже полагает, что снижение работоспособности мышц связано «с наступающим истощением в нервных клетках двигательного анализатора» и что дальше «развивается запредельное охранительное торможение, которое прекращает дальнейшую работу и истощение нервных клеток коры».

В своем первом исследовании регуляции процессов утомления во время мышечной деятельности (1953) мы тоже пытались определить механизм утомления. Определяя взаимодействие процессов утомления, истощения, торможения и восстановления во время мышечной работы и отдыха, мы в нем писали: «При мышечной работе имеет место расходование энергии во всех звеньях двигательного аппарата и, следовательно, во всех его звеньях совершается процесс истощения. Чем интенсивнее выполняемая работа, тем, разумеется, интенсивнее это истощение. ...Во всех звеньях работающего двигательного аппарата совершается процесс восстановления израсходованного, который в известной степени противодействует наступлению истощенности, совершаясь уже во время самой работы. Однако полное возмещение израсходованного возможно в звеньях двигательного аппарата только при относительной малой величине выполняемой работы, а между тем жизненные обстоятельства то и дело требуют от организма весьма напряженных мышечных усилий. При таких усилиях одно лишь приспособительное увеличение восстановительных процессов в звеньях двигательного аппарата не может воспрепятствовать их истощению, а потому необходимо вмешательство особого процесса, ограничивающего интенсивность

работы. В наших опытах показано, что этим процессом является торможение коркового звена двигательного аппарата и что в результате этого торможения наступает та убыль интенсивности мышечной работы, которая издавна известна под названием мышечного утомления».

Эта точка зрения на механизм утомления во многом схожа с точкой зрения С. Н. Нарикашвили, Н. К. Верещагина и В. В. Розенבלата. Как они, так и мы полагали, что основной причиной утомления при мышечной работе является торможение клеток коры головного мозга. Однако мы придерживаемся того мнения, что при интенсивной работе тормозятся не только клетки двигательного анализатора, а весь корковый динамический стереотип. Всякая перемена его звеньев приводит к уменьшению развившегося торможения. Появлению такой теории способствовало следующее высказывание И. П. Павлова: «Клетки (коры головного мозга.— И. К.) как исключительно реактивные образования при раздражении чрезвычайно быстро разрушают свое раздражимое вещество и в них наступает другой процесс, до известной степени охранительный и экономический, процесс торможения. Этот процесс прекращает дальнейшее функциональное разрушение клетки и вместе способствует восстановлению истраченного вещества».

Теперь, когда многое известно о функциях головного мозга, нас не удовлетворяют такие объяснения механизма утомления при интенсивной мышечной работе. Нашими последними многочисленными исследованиями (они изложены в первой части книги) было установлено, что клетки коры головного мозга быстро выходят из строя не при всякой деятельности. Быстрое ослабление их функций отмечается при образовании сложной системы временных связей. Особенно когда идет формирование новых связей на фоне возбуждения большого числа еще не укрепленных (например, когда человек осваивает большую новую информацию). Именно эту функцию (функцию образования условных рефлексов) И. П. Павлов имел в виду, высказывая мысль о быстром истощении клеток коры головного мозга. Небольшое снижение их работоспособности определяется во время образования несложных систем временных связей. Когда возбуждаются устойчивые временные связи, функции клеток коры головного мозга почти не изменяются.

Мышечная работа, которую в наших опытах выполняли испытуемые, была очень простой. Система временных связей, которая управляет этой деятельностью, образуется и укрепляется очень быстро. Во время мышечных сокращений постоянно воз-

буждаются прочные связи, составляющие простую систему. Простая и закрепленная система временных связей возбуждается при очень малой энергии нервного заряда, поэтому клетки коры головного мозга, участвующие в такой работе, не истощаются. В подтверждение приводим очень простой опыт. Если испытуемому предложить сжимать ручки динамографа с силой 100—200 г, то он будет сжимать их 60 раз в минуту в десятки раз дольше, чем при нагрузке в 30—50 кг. В таком случае надо признать, что первое объяснение утомления на сегодняшний день не совсем убедительно.

Вполне возможно, что изменяется функция не тех клеток коры головного мозга, в которых образованы временные связи, а тех, которые посылают импульсы прямо к мышцам. Ведь во время работы постоянно снижается возбудимость самих работающих мышц. Поэтому, чтобы заставить работать утомленные мышцы, необходимо непрерывно увеличивать поток центробежных импульсов (подтверждено опытами с записью биотоков нервов, проводящих импульсы к мышцам: наиболее мощная импульсация наблюдается при утомительной статической работе). Исходя из этого, некоторые исследователи (например, J. Joteyko, 1920) признали, что работоспособность мышц понижается вследствие истощения клеток коры головного мозга, из которых к мышцам поступают импульсы.

По-видимому, истощение двигательных клеток коры головного мозга иногда является одной из причин, вызывающих понижение работоспособности мышц.

Но если принять к сведению другие факты, то легко убедиться в том, что понижения функции двигательных клеток коры головного мозга не происходит. Например, можно увеличить работоспособность утомленных мышц под действием условных сигналов или представления «усиления интенсивности работы». Если бы произошло истощение двигательных клеток коры головного мозга, то где бы появилась энергия для новых импульсов при действии новых сигналов? Следовательно, нельзя признать основной причиной утомления истощение клеток коры головного мозга, из которых к мышцам поступают импульсы.

Считать, что основной причиной утомления при мышечной деятельности является нарушение функций клеток коры головного мозга, не верно и с эволюционной точки зрения. С появлением коры головного мозга возникала новая система, которая осуществляет более совершенную регуляцию всех функций организма: анимальных и вегетативных, произвольных и произ-

вольных. Кора не подменяет работы органов и систем, а координирует их взаимодействие и более адекватно приспособливает организм к бесконечно меняющимся условиям внешней среды. Как указывал И. П. Павлов, кора головного мозга — распорядитель и распределитель всех функций организма. Если допустить, что ее клетки во время мышечной работы истощаются первыми, то отпадает необходимость в основной регулирующей функции коры.

Эти соображения потребовали создания новой гипотезы механизма утомления во время мышечной работы.

Начнем с анализа имеющихся данных.

Экспериментами было убедительно доказано, что высшие нервные образования в одних случаях повышают работоспособность мышц, в других — понижают. Механизм этих явлений станет понятен после разбора особенностей нервной регуляции процесса расходования и восстановления энергетических веществ. Человек по своему желанию может сделать любое движение любой частью своего тела, изменить ритм сокращений скелетных мышц, т. е. может произвольно изменять процесс расходования энергетических веществ в организме. Но он не может в такой степени влиять на процессы восстановления активных энергетических веществ, чтобы по своему желанию восстановить работоспособность утомленных мышц. Так происходит потому, что эти процессы непосредственно не подчиняются сознанию человека, хотя и регулируются центральной нервной системой. Таким образом, мышечная деятельность человека регулируется соматической нервной системой, которая подчиняется его сознанию, а также вегетативной нервной системой, только косвенно зависящей от сознательной деятельности.

Если считать, что снижение силы мышц при интенсивной работе обусловлено, в первую очередь, отставанием процесса восстановления активных энергетических веществ от процесса их расходования, то напрашивается вывод: регуляция работы мышц во время утомления осуществляется корой головного мозга двояко: усилением восстановления активных энергетических веществ (через вегетативную нервную систему) и снижением интенсивности их расходования путем уменьшения сокращений мышц. Человек может быстро утомиться, ускоряя мышечную работу, но не может в такой же степени ускорить процесс восстановления сил утомленных мышц — ему нужно отдохнуть, пока этот процесс завершится.

Так п
ществ. ко
«Ющихс
подч
«ин» во
Этот пр
и веще
и другие
пает» эн
бы, с од
с другой
но быстр
до бы ее

Так почему же процесс восстановления энергетических веществ, который обеспечивает функцию скелетных мышц, подчиняющихся непосредственно коре, сам не включен в такое же прямое подчинение? Оказывается, в существовании такой «автономии» восстановительного процесса заложен глубокий смысл. Этот процесс не только обеспечивает активными энергетическими веществами работающие мышцы, но и «оберегает» мышцы и другие системы организма от разрушения, из которых он «черпает» энергетические вещества. Он должен развиваться так, чтобы, с одной стороны, обеспечить функцию работающих мышц, с другой — не повредить структуру самих тканей. Ведь чрезмерно быстрое использование энергетических веществ ткани привело бы ее к разрушению.

Глава десятая

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

Трудно представить себе такой вид физического труда, в котором участвовала бы одна мышца. Даже в несложную работу включается несколько мышечных групп. Е. П. Кесарева (1960) доказала, что всякая работа требует определенного положения тела, которое поддерживается напряжением соответствующих мышц. Поэтому необходимо признать, что во всякой работе участвуют почти все скелетные мышцы человека, только одни мышцы работают больше, а другие — меньше. Одновременные сокращения большого числа мышц хорошо скоординированы, потому что мышцы сгруппированы в функциональные системы. Мышцы каждой системы иннервируются дифференцированными группами клеток коры головного мозга и осуществляют определенное движение. Эта особенность хорошо выявляется в опытах с раздражением клеток коры головного мозга электрическим током в передней центральной извилине (W. Penfield, 1958): раздражение какого-нибудь участка коры головного мозга вызывает сокращения соответствующей группы мышц, при этом изолированного сокращения какой-нибудь одной мышцы не бывает. Следовательно, в коре головного мозга есть представительства отдельных движений, а не отдельных мышц. Поэтому в своих экспериментах мы будем рассматривать не взаимодействие отдельных мышц, а взаимодействие систем, которые объединяют мышцы, осуществляющие определенное движение, и нервную систему (в том числе — корковое представительство движений этих мышц).

ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Первые сообщения о повышении работоспособности путем дополнительного раздражения некоторых рецепторов были опубли-

ованы сот
азавским
становили,
мышц повыш
Они также з
сигналы, из
мышц. Обти
ласевичу уда
томление. I
L. Hofbauer.
M. Patriz
очередная
ной руки. Н
возбуждени
товного моз
ние одного
который от
личение си
мышц повы
очень утол
1900).

Изучен
работоспо
Ch. Fere (
вкусовых
серноокисл
чивается.
ных, тепл
ных эксте
способности
«подключ
про себя
повышен
ний. Пос
раз при
Инте
татов с
шение
жения
по его
Все
ваны э

15 Зак. 1

ликованы сотрудниками лаборатории И. Р. Тарханова В. О. Бугославским (1891) и П. А. Конопасевичем (1892), которые установили, что под влиянием раздражения рецепторов одних мышц повышается работоспособность других утомленных мышц. Они также заметили, что посторонние раздражители (звуковые сигналы, изменение освещения) повышают работоспособность мышц. Обтирая кожу испытуемых холодной водой, П. А. Конопасевичу удалось почти полностью снять развившееся у них утомление. В 1897 году такие же явления обнаружили Zeponi и L. Hofbauer.

М. Patrizi (1893) в своих исследованиях установил, что поочередная работа двух рук более продуктивна, чем работа одной руки. На основе этого он пришел к выводу, что поочередное возбуждение во время работы симметричных центров коры головного мозга более выгодно, чем одновременное, или возбуждение одного центра. К такому же выводу пришел Gileme (1897), который отмечал у испытуемых после езды на велосипеде увеличение силы мышц, не участвовавших в работе. Но сила этих мышц повышается только при умеренной работе других мышц, очень утомительная работа, наоборот,— снижает ее (Kutper, 1900).

Изучению влияния различных афферентных раздражений на работоспособность мышц посвятил многие свои исследования Ch. Fere (1889, 1901—1905). Он установил, что при раздражении вкусовых рецепторов различными веществами (сахаром, солью, сернокислым хинином и др.) сила сокращающихся мышц увеличивается. Она увеличивается и во время раздражения тактильных, тепловых, холодовых, обонятельных, слуховых и зрительных экстерорецепторов. Ch. Fere отметил повышение работоспособности утомленных мышц, когда в параллельную работу «подключались» другие группы мышц или велся счет вслух или про себя. В начале работы исследователь выявил небольшое повышение силы мышц под влиянием афферентных раздражений. Последние увеличивали силу работающих мышц в несколько раз при большем их утомлении.

Интересные исследования с объяснением полученных результатов сделал И. М. Сеченов (1903). Он тоже обнаружил повышение работоспособности утомленных мышц во время раздражения чувствительных нервов или сокращения других мышц, что, по его мнению, вызвано зарядкой нервных центров.

Все эти закономерности были подтверждены и детализированы экспериментами очень многих исследователей.

Мы остановимся на некоторых объяснениях полученных данных.

Долгое время существовала гипотеза Е. Weber (1916), согласно которой после сокращений одной мышцы расширяются кровеносные сосуды других мышц. По этой гипотезе повышение работоспособности обусловлено усилением их кровоснабжения. Но, как показали результаты опытов М. Е. Маршака (1932), А. Г. Зимы (1955, 1957), Э. Ф. Горбуновой и М. И. Хабаровой (1955), работоспособность мышц повышается даже тогда, когда временно приостановлено кровоснабжение работающей мышцы.

Следовательно, повышение работоспособности утомленных мышц под влиянием работы других мышц или внешних раздражителей не является результатом гемодинамического эффекта.

Л. Л. Васильев, Г. Н. Ананьев и Е. Е. Плотникова (1926) считают, что при мышечной работе в соответствующих центрах создается очаг доминантного возбуждения, а сокращения других мышц или раздражение афферентных систем подкрепляют основной доминантный очаг. «Сторонние возбуждения, — писали они, — порождаемые в коре указанными раздражителями, попадают в сферу влияния центров работающей руки, отклоняются к ним и усиливают производимую ими работу». Внешними раздражителями может усиливаться только доминантное возбуждение средней интенсивности (при умеренных и слабых сокращениях мышц), когда же доминантное возбуждение очень сильное (при максимальных сокращениях), то они приводят его к перевозбуждению. В последнем явлении исследователи видели проявление торможения (по Н. Е. Введенскому).

Немного позже многие стали истолковывать этот феномен, опираясь на закономерности высшей нервной деятельности, установленные И. П. Павловым. Все их утверждения основываются на том, что при работе определенных мышц создается очаг возбуждения в соответствующих центрах коры головного мозга. Последние постепенно переходят в тормозное состояние, и работоспособность мышц падает. Но, несмотря на это, каждый из них феномен активизации функции мышц объясняет по-разному. Одни исследователи (И. Н. Курбатова и Я. А. Шейдин, 1938; В. С. Фарфель, 1948; И. А. Кулак, 1953; А. Д. Бернштейн, 1955, и другие) считают, что после утомления одной мышечной группы включившаяся в работу другая мышечная группа создает в коре головного мозга новый очаг возбуждения. Это возбуждение иррадирует по коре и растормаживает ранее функционировавший очаг, который вследствие работы успел затормозиться.

Другие же ученые (С. П. Нарикашвили, 1953; Н. К. Верещагин, 1953; В. В. Розенблат, 1957, а, и другие) это же явление объясняют усилением торможения, полагая, что новая мышечная группа, которая вступила в работу, создает новый очаг возбуждения в коре головного мозга с зоной торможения вокруг (по индукции). Происходит «наслаивание» торможения в ранее затормозившихся клетках коры. Вследствие этого процесс торможения усиливается, а благодаря ему усиливается восстановительный процесс в мышцах.

М. Е. Маршак (1936), К. Х. Кекчеев (1946, 1947), А. Г. Зима (1957) и другие пришли к выводу, что влияние внешних раздражителей на работоспособность мышц осуществляется через вегетативную нервную систему. Особый интерес для нас представляет точка зрения К. Х. Кекчеева, который объяснил изменение интенсивности работы мышц результатом адаптационно-трофического влияния вегетативной нервной системы. По его мнению, достаточно сильное раздражение любых афферентных систем вызывает диффузный вегетативный рефлекс, который изменяет функции работающей системы. А. Г. Зима тоже отметил, что афферентные импульсы по пути к коре головного мозга возбуждают вегетативные центры, вызывая таким образом гуморальные изменения. На фоне этих изменений разворачиваются как наличные, так и следовые реакции.

Такой же точки зрения придерживается А. Д. Бернштейн (судя по содержанию работ его сотрудников).

Чтобы ликвидировать этот разнобой в объяснении механизма усиления функции утомленных мышц, необходимы дальнейшие исследования. Используя данные наших опытов (1953, 1955 и 1958), в которых много внимания было уделено изучению взаимодействия работающих рук, мы попытаемся уточнить механизм этого явления.

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ МЫШЕЧНЫХ ГРУПП НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ РАСХОДОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АКТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Мы изучали с помощью универсального динамографа изменение характера работы правой руки при подключении в чередующуюся работу левой руки. Для этого перед испытуемым ставился щит с двумя лампочками. На вспышку левой лампочки

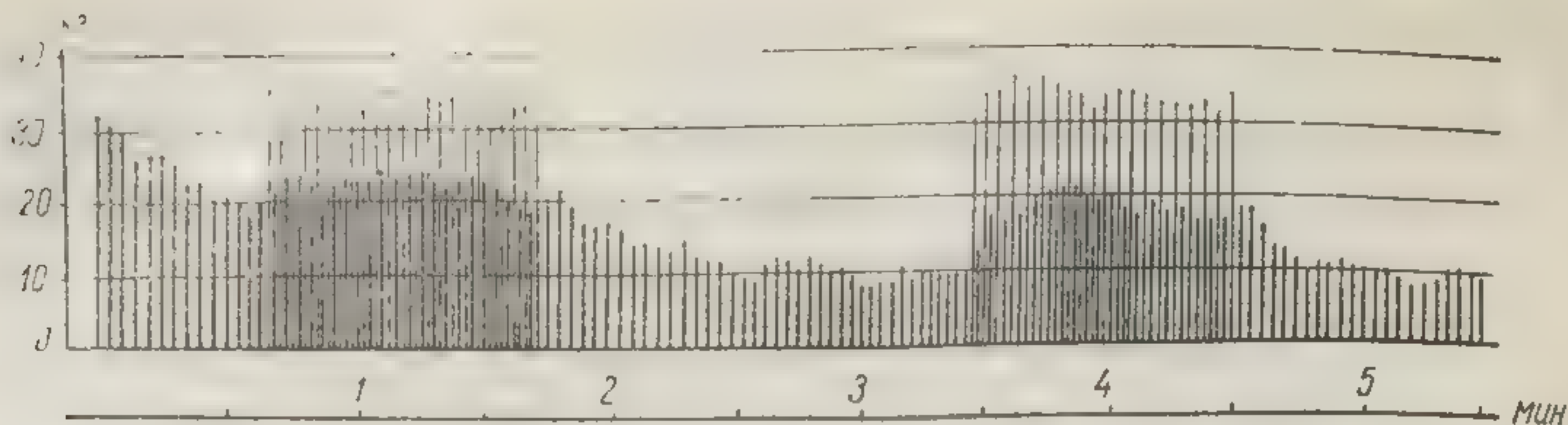


Рис. 54. Изменение силы мышц правой руки испытуемого А-ч при поочередных сокращениях мышц левой руки (каждый толстый столбик соответствует одному сокращению сгибателей правой руки, а каждый тонкий столбик — сгибателей левой руки).

испытуемый должен был ответить сжиманием левой ручки динамографа, а при вспышке правой лампочки — сжать правую ручку. Сперва, через каждые две секунды, вспыхивала правая лампочка. Когда у испытуемого сила работающей правой кисти снижалась, вспышки правой лампочки начинали чередоваться со вспышками левой лампочки. Получалось так, что испытуемый в течение установленного срока работал только правой рукой, а в определенные периоды — поочередно правой и левой. Необходимо отметить, что правая рука продолжала сжимать ручки динамографа с прежней частотой. Динамограмма испытуемого А-ч, полученная в одном из таких опытов, изображена на рисунке 54. Включение в чередующуюся работу левой руки А-ч привело к постепенному увеличению силы мышц правой руки. Такие же результаты получены у всех испытуемых. Правда, увеличение силы сокращений мышц правой руки в начале подключения в чередующуюся работу левой руки было выражено у них в разной степени — от 6 до 15 кг.

Вернемся к динамограмме испытуемого А-ч и проанализируем процесс восстановления силы утомленной руки. Если обратить внимание на сокращения мышц правой руки, то легко заметить, что их сокращения после подключения в работу левой руки сначала увеличиваются незначительно, но уже через полминуты они становятся максимальными. Постепенное увеличение силы утомленной руки свидетельствует о том, что усиливается процесс восстановления энергетических веществ. Именно ему свойственна постепенность развития.

При менее выраженном утомлении усиливающий эффект от работы другой кисти мало выражен. На том же рисунке 54 вид-

но, что при утомленной работающей кисти усиливающий эффект от поочередной работы другой кисти едва уловим, тогда как при ее утомлении он хорошо заметен. Это еще раз подтверждает правильность нашего заключения. Увеличение силы сокращения мышц в начале работы другой руки очень незначительное, потому что они совершаются за счет имеющихся активных энергетических веществ.

После прекращения работы левой рукой наблюдается положительное последствие: усиленные сокращения мышц правой руки продолжаются, постепенно ослабевая. Это еще одно — третье — доказательство в пользу нашего предположения.

На основе изложенных данных, мы, так же как и М. Е. Маршак (1936), К. Х. Кекчеев (1946) и А. Г. Зима (1957), пришли к выводу, что повышение работоспособности утомленных мышц под влиянием внешних раздражителей (в данном случае работа других мышц) осуществляется через вегетативную нервную систему. В отличие от других исследователей мы пытаемся уточнить роль вегетативной нервной системы в мышечной работе, считая, что благодаря ей обеспечивается регуляция процесса восстановления энергетических веществ. По нашему мнению, внешние раздражители через вегетативную нервную систему усиливают восстановление энергетических веществ, что положительно сказывается на силе утомленных мышц. При этом увеличение их силы строго зависит от того, насколько мышцы нуждаются в активных энергетических веществах. Вполне возможно, что такого эффекта не будет, когда в работающих мышцах исчезнут энергетические вещества и их восстановление окажется недостаточным.

Чтобы проверить обнаруженную закономерность во время работы других мышечных групп, мы изучили изменения функций мышц, обеспечивающих активные противоположные движения — сгибание и разгибание пальцев кисти. Для этого мы использовали данные опытов, которые были выполнены нами с помощью ртутного динамографа К. С. Ратнера в 1947—1949 годах в лаборатории С. П. Сарычева. Опыты были поставлены в двух вариантах.

В первом варианте испытуемые вначале сжимали с максимальной силой ручки динамографа 12 раз в минуту (разгибания были пассивными). Затем по сигналу экспериментатора они начинали выполнять от трех до двадцати четырех активных разгибаний, т. е. максимально разгибали пальцы, касаясь при этом ручек динамографа только ладонью.

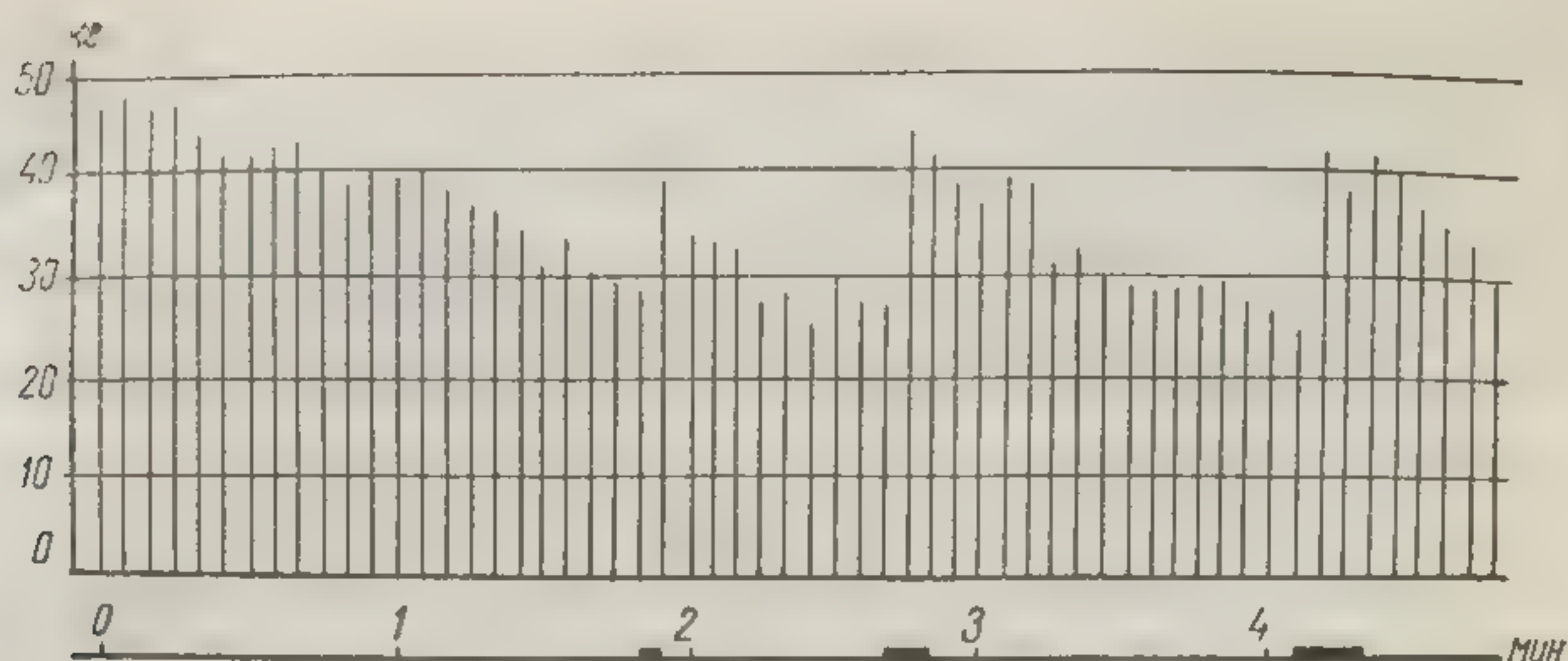


Рис. 55. Изменение силы сгибаний пальцев правой кисти после активного разгибания (на горизонтали отмечено более жирной линией) у испытуемого Р-о.

Во втором варианте опытов испытуемые выполняли работу с той же частотой и силой; только после одного, двух или трех сжиманий ручек динамографа делались единичные активные разгибания пальцев, а затем продолжали прежнюю работу, т. е. сжимали ручки динамографа без активных разгибаний пальцев. Характерная динамограмма испытуемого Р-о, полученная в таком опыте, изображена на рисунке 55.

Сильное разгибание пальцев оказывает тем большее влияние на силу сокращений мышц, чем значительнее было их утомление акта сжатия кисти. Это влияние выражалось увеличением силы сгибания пальцев, которое следует за их разгибанием. Когда испытуемые сильно разгибали пальцы несколько раз подряд (в первом варианте опытов), то сила сокращений сгибателей пальцев к концу этих разгибаний была лишь немного меньше, чем в начале опыта. В опытах (см. рис. 55) с однократным разгибанием пальцев максимальное увеличение силы сгибателей определялось не только при первом, но и при последующих сокращениях после активного разгибания пальцев. Иными словами, после сильного разгибания пальцев отмечалось довольно продолжительное последствие. Это последствие хорошо выявлялось и после двух- и трехкратного сильного разгибания пальцев.

Но можно ли повышать работу утомленной правой руки чередующимися сокращениями самых различных мышечных групп? Можно ли таким образом довольно долго поддерживать работоспособность? Чтобы получить ответы на эти вопросы, на двух испытуемых был проведен опыт. Как только правая рука испы-

туемого вследствие многократных сжиманий ручек динамографа уставала, он делал ею несколько максимальных разгибаний, затем — несколько максимальных сжиманий ручек динамографа левой рукой и, наконец, — несколько максимальных сгибаний правого бедра. Все эти сокращения мышечных групп левой руки и правой ноги чередовались с продолжающимися сокращениями мышц правой руки. Одна из динамограмм испытуемого М-ч, полученная во время такого опыта, представлена на рисунке 56.

Как видно на динамограмме, каждое подключение в чередующуюся работу другой мышечной группы вызывало увеличение силы сжиманий правой кисти, которое удавалось поддерживать в течение пяти с половиной минут. Если сила правой кисти за четыре минуты работы снизилась с 42 до 18 кг, то на пятой минуте работы при активном разгибании и сокращении других мышечных групп она увеличилась до 30 кг, оставаясь в пределах 22—30 кг четыре с половиной минуты. Надо заметить, что подключавшиеся в работу новые мышечные группы как бы «вливали» новую энергию в непрерывно работающую правую руку. Последняя отвечала на это увеличением силы мышечных сокращений. Это увеличение силы мышц в первые 5—7 минут работы было более выражено, чем в следующие 7—9 минут.

Итак, на основе проведенного исследования, мы можем с полной уверенностью ответить утвердительно на поставленные вопросы. Поочередное подключение в работу новой мышечной группы позволяет каждый раз восстанавливать работоспособность утомленных мышц. Это значит, что так можно значительно и на длительное время повышать их работоспособность.

Во время исследований мы не обнаружили таких мышц, которые при включении в чередующуюся работу не повышали бы силу утомленных мышц. Поэтому мы не можем согласиться с мнением Г. В. Попова (1938), который считает, что «не всякие мышцы в состоянии сообщить повышенную работоспособность утомленному органу». Он объясняет эти явления реципрокными отношениями. Наши данные больше подтверждают выводы И. М. Сеченова о том, что «работоспособность усталой руки повышается и работой ног (и вообще, как я убедился, всяким сильным движением тела)».

При внимательном анализе полученных данных можно обнаружить некоторые особенности функционирования мышц, в зависимости от места их расположения в теле. Сила сгибателей пальцев правой руки была наибольшей при включении в работу разгибателей пальцев этой же руки, несколько меньше — после

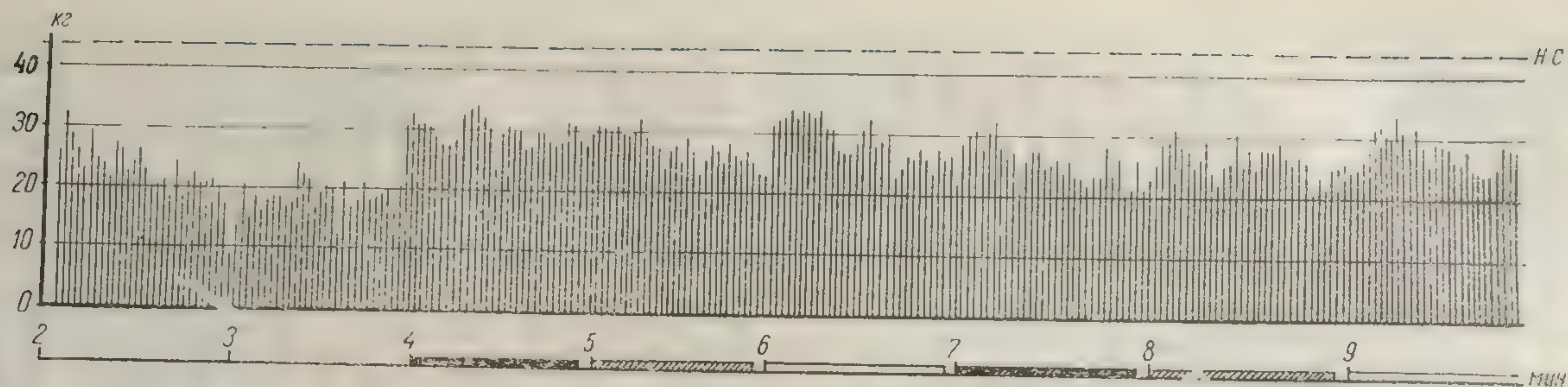


Рис. 56. Изменения силы сокращения сгибателей правой кисти [испытуемого М-ч при активном ее разгибании (на горизонтали отмечено жирной черной линией) и при чередовании сгибаний левой руки (отмечено серой линией) и бедра правой ноги (отмечено белой линией)].

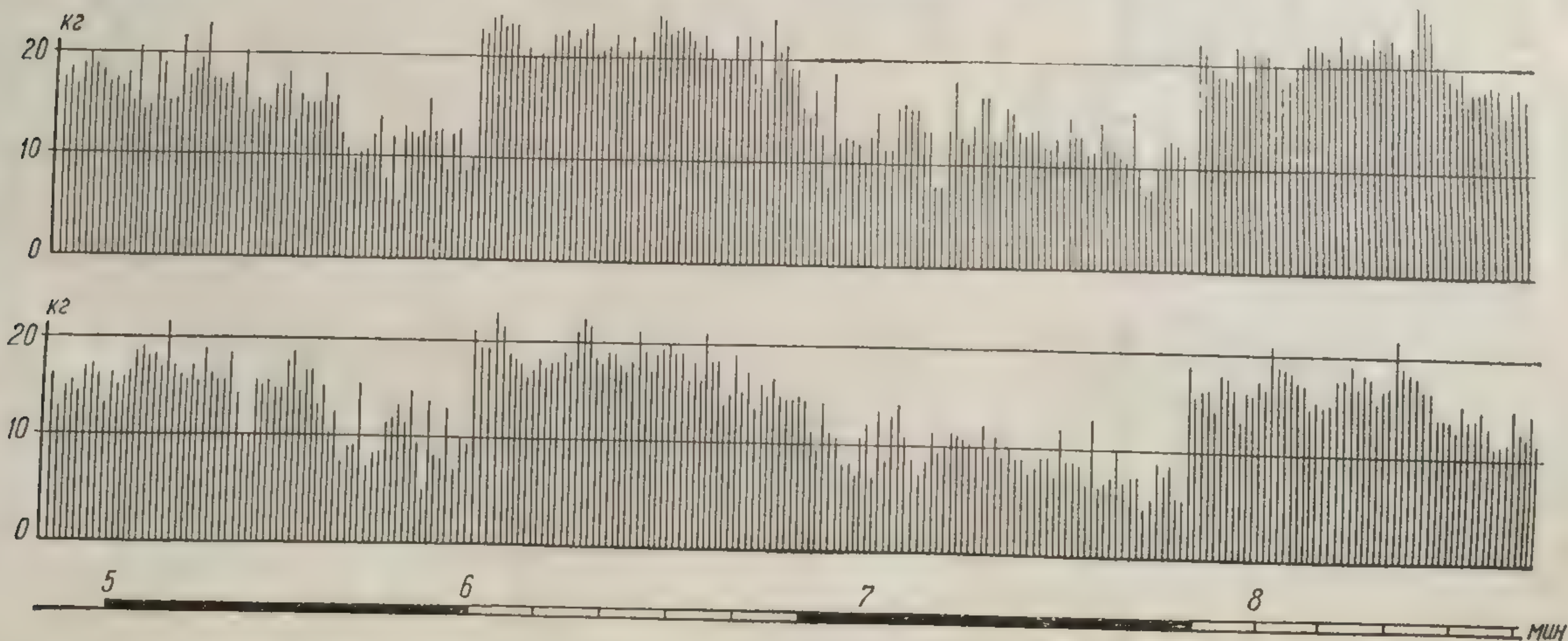


Рис. 57. Изменение силы мышц правой (верхняя динамограмма) и левой руки (нижняя динамограмма) испытуемого Г-ч при одновременной (по горизонтали отмечено черной линией) и поочередной работе ими (отмечено светлой линией).

сокращений сгибателей и разгибателей предплечья и еще меньше — после работы приводящих и отводящих мышц плеча. Чем дальше были расположены мышцы, включающиеся в работу от утомленных, тем меньше был выражен эффект восстановления силы утомленных мышц.

Все описанные выше исследования касались только одновременного сокращения различных мышечных групп. Поэтому теперь мы сопоставим работоспособность двух рук при одновременном и чередующемся сокращении их мышц.

Исследования были проведены в 1955 и 1958 годах на десяти взрослых людях, которые отвечали на ежесекундные вспышки сигнальных лампочек сжиманием ручек динамографа правой и левой рукой. Сперва вспышки возникали одновременно. Спустя 4—6 минут работы лампочки начинали вспыхивать поочередно, но в прежнем ритме. Через минуту вспышки лампочек опять появлялись одновременно. Так через каждую минуту менялся характер работы, но ритм мышечных сокращений для каждой руки все время был одинаков (60 в одну минуту).

По силе мышечных сокращений определялась работоспособность обеих рук как при поочередной, так и при одновременной их работе.

Одну из динамограмм испытуемого Г-ч, которая была получена в одном из таких опытов, мы представляем на рисунке 57.

На рисунке видно, как повышается работоспособность мышц при переходе от одновременных сокращений к чередующимся и как переход от чередующихся к одновременным сокращениям мышц, наоборот, ведет к понижению работоспособности. Такие же результаты получены у всех испытуемых, только у одних это явление было выражено в большей, а у других — в меньшей степени.

Таким образом, мышцы, подключающиеся в параллельную работу, в одних случаях повышают, а в других — понижают силу сокращений других мышц. Если повышение работоспособности мы всегда рассматривали как результат стимуляции вегетативной нервной системой восстановления энергетических веществ, то непонятно, почему при одновременной работе двух рук понижалась сила мышечного сокращения. Конечно, это явление можно было бы как-то объяснить тем, что при одновременной работе двух рук восстановление энергетических веществ в мышцах недостаточно. Но тогда почему вегетативная нервная система, которая регулирует процесс восстановления, так своеобразно реагирует на этот вид деятельности. Все эти вопросы

отпадут, если мы вспомним, что для мышечной деятельности не менее важен второй процесс — расходование энергетических веществ, который непосредственно регулируется корой головного мозга и является в какой-то степени ведущим, как бы «задающим тон» остальным процессам. Оказалось, что это явление во многом зависит от совершенства приобретенного навыка, что будет показано ниже.

Мы изучили изменения силы мало участвующей в работе одной руки в период выполнения длительной работы другой. Для этого испытуемые в течение 7 минут каждую секунду сжимали правой рукой ручки динамографа. Одновременно с сокращениями мышц правой руки через каждые 2—2,5 минуты они 10—15 раз сжимали ручки динамографа левой рукой.

У 8 из 10 испытуемых во время продолжительной работы правой руки сила левой руки (при пробных кратковременных усилиях) снижалась. Чем продолжительнее сокращались мышцы правой руки, тем больше снижалась сила мышц левой руки. В контрольных опытах, когда работала только одна левая рука, выполнявшая такие же пробные усилия, отмечалось не снижение ее силы, а наоборот, — некоторое увеличение.

У двух испытуемых спортсменов в отличие от восьми не спортсменов этого снижения силы левой руки не было выявлено.

Все 8 испытуемых, у которых снижалась сила мышц левой руки во время работы правой, в дальнейшем прошли многодневную тренировку в этом виде деятельности. После тренировки у них сила мышц левой руки во время работы правой уже не снижалась, а у некоторых даже увеличивалась.

По результатам этой серии опытов можно сделать вывод: после тренировки работа одной руки способствует увеличению силы мышц другой руки, вступающей в работу.

Продолжив эти исследования, мы изучили влияния интенсивно работающих мышц одной руки на утомляемость другой.

На тех же десяти испытуемых были проведены следующие опыты. В течение семи минут динамической работы правой руки (сгибатели пальцев сокращались 60 раз в минуту) через каждые 2—2,5 минуты левой рукой делались 30-секундные статические усилия. По силе сокращений мышц определялась утомляемость левой руки во время динамической работы правой.

У всех испытуемых, за исключением одного, в период динамической работы правой руки снижалась сила левой руки (см. рис. 58, а). Чем продолжительнее была эта работа, тем больше

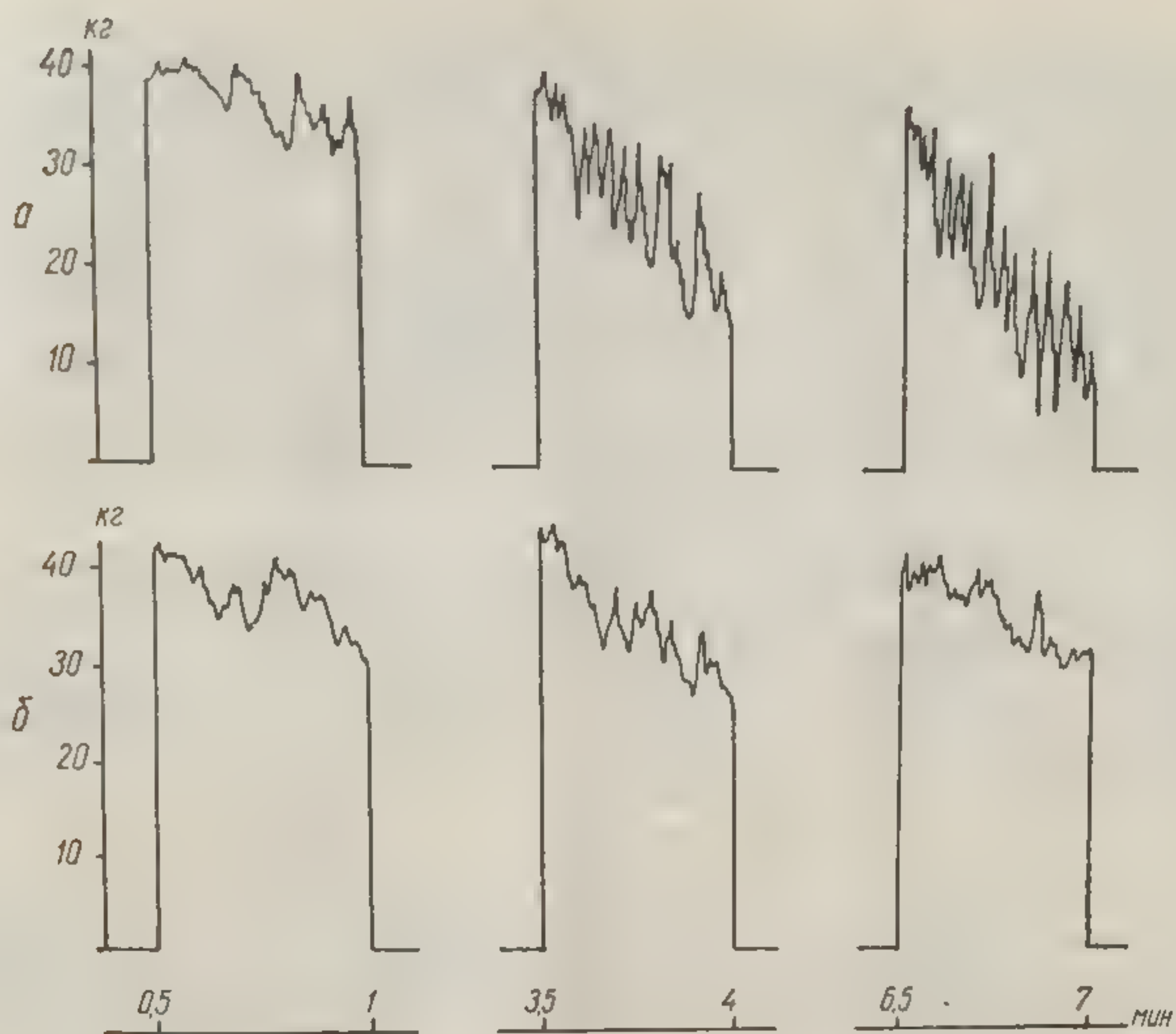


Рис. 58. Изменение статической силы левой руки во время непрерывной динамической работы правой руки у испытуемого Н-о в начале тренировки (а) и спустя несколько дней (б).

утомлялась левая рука — зубцы на динамограмме увеличивались, и она начинала напоминать запись динамической работы. Сила правой руки за 7 минут динамической работы у 4 испытуемых почти не снизилась, а у остальных 5 снизилась только на треть от исходной величины.

Затем были проведены контрольные опыты, в которых испытуемые делали левой рукой такие же статические усилия, как и в основной серии. Полученные результаты свидетельствовали о том, что каждое последующее статическое усилие было таким же, как предыдущее. Следовательно, 2—2,5 минуты вполне достаточно, чтобы восстановить силы после 30-секундной статической работы.

Вслед за этим 9 испытуемых, у которых во время динамических сокращений мышц правой руки увеличивалась утомляемость мышц левой руки, по два раза в день в течение 5 дней выполняли такую же работу, как и в опыте. После такой тренировки у 7 из 9 испытуемых во время продолжительной динамической

ческой работы правой руки утомляемость левой не увеличивалась, притом у 4 из них сила левой руки даже увеличилась (см. рис. 58, б). У оставшихся трех испытуемых утомляемость левой руки увеличивалась, но в меньшей степени, чем до тренировки.

Таким образом, во время продолжительной динамической работы одной руки утомление другой руки при пробных кратковременных статических усилиях обычно увеличивалось. В результате тренировки продолжительные динамические сокращения мышц одной руки не влияли на утомляемость мышц относительно мало работающей другой руки.

Как указывалось выше, при чередующихся сокращениях сила мышц увеличивается, а при одновременных сокращениях, наоборот, — снижается. Однако у этих же 10 испытуемых после 30 дней тренировки в условиях сопряженно чередующейся и одновременной работы рук во время перехода от чередующейся работы к одновременной выявляемые ранее изменения силы мышц работающих рук перестали определяться.

Подобные изменения соотношения процессов утомления во время тренировки испытуемых обнаружил А. С. Мелия (1955). В первых своих опытах он выявил падение силы мышц работающей правой руки при включении в работу левой руки. Но, со временем, в результате тренировки это явление постепенно исчезает и даже наступает такой момент, когда при включении в работу левой руки сила правой руки увеличивается.

Необходимо обратить внимание еще на то, что, как заметил А. С. Мелия, включающаяся в работу левая рука снижает силу непрерывно работающей правой, только когда последняя работала недолго. Если же вследствие продолжительной работы правая рука сильно устала, то включившаяся в параллельную работу левая рука восстанавливает силу ее мышц.

Эти данные в какой-то степени соответствуют нашим и лишь в некоторой степени свидетельствуют о повышении силы утомленных мышц вследствие усиления восстановления энергетических веществ.

На основе литературных сведений и собственных экспериментальных данных мы пришли к выводу, что повышение силы утомленных мышц при включении в работу других мышечных групп является результатом усиления вегетативной нервной системой восстановления энергетических веществ. Снижение силы работающих мышц при подключении в работу других мышечных групп обусловлено понижением интенсивности расходования энергетических веществ вследствие понижения возбуждения клеток коры головного мозга, в которых образованы временные

связи, управляющие движениями. Оно наиболее заметно до тех пор, пока человек не приобрел навыка в работе, т. е. когда временные связи слабо возбуждаются. Появление в это время нового очага возбуждения при включении в работу других мышечных групп снижает возбудимость уже имеющегося очага. Вследствие неувязки между собой двух очагов возбуждения возникает раздвоенность «творческого очага». Когда человек приобретает достаточный навык в работе, очаги возбуждения, благодаря прочным межсистемным связям, образуют один большой очаг.

При поочередной работе в коре головного мозга функционирует один очаг возбуждения, только место его изменяется в зависимости от времени. При одновременной работе двух рук в коре существует два «равноправных» очага возбуждения, поэтому для их объединения требуется более длительный срок.

КОРКОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСХОДОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАБОТАЮЩИХ МЫШЦ

Взаимодействие работающих мышц является следствием возбуждения в коре головного мозга временных связей, которые содержат информацию движений. Например: импульсы, посылаемые корой головного мозга к мышцам, являются результатом отражения в коре вспышек лампочки, т. к. испытуемый получил задание сжимать ручки динамографа во время вспышек. В конце концов, под влиянием инструкции и неоднократного выполнения задания в коре головного мозга испытуемого создается модель действия, т. е. система временных связей, содержащая информацию движения, а также развития и взаимодействия процессов расходования и восстановления активных энергетических веществ. Вырабатывается, как говорил И. П. Павлов, «динамический стереотип».

Чтобы убедиться в правильности этого заключения, необходимо было выявить корковую модель взаимодействия процессов при работе двух рук. Точнее говоря, не столько требовалось обнаружить модель самих движений, сколько модель энергетических затрат на предполагаемые движения. С этой целью в 1953 году мы провели следующие опыты.

На щите перед испытуемым через каждые две секунды вспы-

хивала сигнальная лампочка. В ответ испытуемый одной рукой сжимал ручки динамографа. После трех или четырех минут такой работы между вспышками первой сигнальной лампочки с той же частотой начинала вспыхивать вторая сигнальная лампочка. Испытуемому предлагалось при вспышке второй лампочки только мысленно сжать ручки динамографа другой рукой. Такие мнимые сокращения мышц одной руки при чередующихся реальных сокращениях мышц другой руки продолжались одну минуту.

Когда испытуемый между очередными сокращениями мышц одной руки представлял себе сжатие другой кисти, не выполняя их в действительности, у него наступает увеличение силы мышц работающей руки, как будто вторая рука реально совершала работу. Правда это увеличение (в среднем на 7,5 кг) было менее выражено, чем при действительном выполнении работы другой рукой, когда оно достигало 11 кг.

Нужно отметить, что даже у одного и того же испытуемого в разных опытах это увеличение было различно — от 5 до 15 кг. Но, главное, у всех восьми испытуемых оно четко определялось.

Таким образом, во время работы в коре головного мозга создается модель не только самих движений, но и модель биохимических процессов этих движений. После создания в коре головного мозга модели движения замена реальной работы другой руки ее представлением не изменяет образованной модели. В то же время она помогает выявить эту модель такой, какой она сформировалась.

Подобные результаты были получены нами, а также Н. И. Шебеко и Т. П. Коробко в 1955 году при образовании условных рефлексов, когда звуковой или световой раздражитель подавался одновременно с включением в работу левой руки при постоянно работающей правой. После нескольких сочетаний при демонстрации этого раздражителя возникал тот же эффект, что и при действительном включении в работу левой руки.

На основе проведенных исследований мы пришли к выводу, что условнорефлекторное повышение работоспособности сокращающихся мышц является результатом проявления устойчивой корковой модели («динамического стереотипа»), образовавшейся при повторении действительной работы. В этих случаях восстановительный процесс усиливается только благодаря возбуждению корковой модели.

ВЛИЯНИЕ НЕПРОИЗВОЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ НА СОКРАЩЕНИЯ УТОМЛЕННЫХ МЫШЦ

Многие исследователи заметили, что неустоленный человек выполняет работу четко, без лишних движений, но как только у него начинает развиваться утомление, эта четкая координация движений нарушается. Поэтому большинство из них пришло к выводу, что это расстройство координации движений при утомлении является результатом нарушения их регуляции центральной нервной системой. По А. А. Ухтомскому (1927, 1934, 1936), при мышечной работе лабильность разных звеньев рефлекторной цепи изменяется неодинаково: в одних звеньях она понижается быстрее, чем в других. В результате работающая система десинхронизируется. Такая десинхронизация создает в коре головного мозга очаги торможения, что в конце концов приводит к расстройству всей работающей системы.

Д. И. Шатенштейн (1939) — горячий приверженец теории нарушения координации функций высших нервных образований при утомлении. Ведущую роль в развитии утомления он отводил головному мозгу. По его мнению, процесс утомления в такой же степени связан с функцией мозга, в какой деятельность последнего связана с координацией функций работающих мышц: пока координация функций не нарушена — утомления нет, когда нарушенная координация восстанавливается — утомление исчезает.

Теория Д. И. Шатенштейна была поддержана и развита М. И. Виноградовым (1958), который считал, что падение работоспособности мышц при интенсивной работе является результатом «дисгармонии» функций, вызванных появлением в коре головного мозга очагов торможения, «не предусмотренных» нормальным ходом рабочего процесса.

В. В. Розенблат (1961), разбирая механизм утомления, сделал заключение, что «утомление корковых клеток приводит к нарушению контролируемой ими сложнейшей координации процессов, связанных с выполнением работы. Эта дискоординация и повышение физиологических трат на одну и ту же единицу работы — характерная черта утомления».

Такой же точки зрения придерживаются и другие физиологи, которые исследуют процессы утомления при мышечной деятельности. Их вывод очень логичен: поскольку регуляция функций периферических органов осуществляется высшими нервными образованиями, то процесс утомления тоже начинается в выс-

ших отделах центральной нервной системы. Сперва расстраивается регуляция процессов в коре головного мозга, вследствие этого появляются лишние движения, нарушается четкость в выполнении работы и т. д.

Если такой вывод признать верным, то получится, что центральная нервная система, в особенности кора головного мозга, вместо того чтобы как можно лучше приспособлять работу мышц к изменившимся условиям и сделать ее наиболее эффективной, сама вносит разноречивое в функционирование зависящих от нее различных систем.

Чтобы выяснить, так ли обстоит дело, как об этом уверенно пишут почти все физиологи, которые изучают процессы утомления, мы решили изучить влияние утомления на частоту мышечных сокращений. Испытуемому предлагалось как можно чаще сгибать и разгибать в лучезапястном суставе кисть, в которой он держал ртутный датчик. При движениях руки ртуть переливалась с одной стороны датчика в другую. Благодаря этому во время сгибания кисти замыкались контакты и на регистрирующей бумаге появлялись вертикальные столбики. При очередном сгибании столбик увеличивался на 1 мм. Каждый столбик вычерчивался 6 секунд, а затем рядом с ним возникал новый столбик. За минуту работы на регистрирующей бумаге появлялось 10 таких столбиков, высота которых зависела от частоты сокращения мышц испытуемого. В течение опыта испытуемый мог следить за частотой мышечных сокращений, отмечая, как снижается величина этих столбиков при наступлении утомления. Утомление при такой работе развивается очень быстро. Уже через 20—30 секунд столбики начинают уменьшаться. С этого момента испытуемый прикладывает все больше и больше усилий, чтобы сохранить частоту мышечных сокращений.

В этом опыте легко определить нарушение координации движения. В начале опыта испытуемый точно выполняет все движения в соответствии с полученной инструкцией. Через 20—30 секунд, когда начинает развиваться утомление, у испытуемого произвольно появляются новые движения, сначала в локтевом, а затем — и в других суставах. Вскоре все его тело начинает дрожать, а сама кисть начинает совершать самые разнообразные движения.

Подобные явления можно обнаружить при выполнении статического усилия, если предложить испытуемому сильно сжать правой рукой ручки динамографа и так удерживать их как

...долю
В этом
...непр
...мышц те
...начин
...лишним
...динам
...начин
...что
...держивать
Мы реши
...Поэто
...и в предь
...частотой, про
...сгибать и
Когда мы
...щего, то о
...сокращений
...ность снижал
...результат
...ценнем мыш
Полученны
вольные дви
работоспособ
прежнюю инт
...мышцы. Пол
...держивать
...динация це
...органов,
...условиям.
Нам могу
...движения пр
...они все
...бывает и так
...дрожание не
...ер, при дли
...ватели в эти
...целесообраз
...же придержи
...включение в
...ности выполн
...благодаря ус
15. Зак. 1038

можно дольше (испытуемый сам следит за своей динамограммой). В этом опыте, как и в предыдущем, у испытуемого появляются непроизвольные движения вследствие сокращения других мышц тела, как только писчик на регистрируемом динамографе начинал падать. Физиологи обычно называют эти движения «лишними». Чем сильнее старается испытуемый удерживать ручки динамографа, тем больше этих «лишних» движений, тем скорее начинает дрожать все его тело. В это время испытуемый заявляет, что ему хочется «помочь» утомленной правой руке удерживать ручки динамографа левой рукой.

Мы решили предупредить появление непроизвольных движений. Поэтому в следующем опыте у испытуемого, который, как и в предыдущем опыте, совершал движения с максимальной частотой, прочно фиксировали работающую руку. Он мог только сгибать и разгибать кисть в лучезапястном суставе.

Когда мы сравнили результат этого опыта с данными предыдущего, то оказалось, что во втором опыте частота мышечных сокращений снижалась значительно раньше, а работоспособность снижалась значительно сильнее, чем в первом опыте. Такой результат мы получили и в опытах со статическим сокращением мышц.

Полученные данные свидетельствуют о том, что непроизвольные движения, возникающие при утомлении, увеличивают работоспособность мышц и, соответственно, поддерживают прежнюю интенсивность работы, как бы подменяя утомленные мышцы. Получается так, что организм стремится всячески поддерживать работоспособность мышц. В этом выражается координация центральной нервной системы работы исполнительных органов, лучшее приспособление организма к изменившимся условиям.

Нам могут возразить, ссылаясь на то, что дополнительные движения при утомлении малоэффективны. Но, несмотря на это, они все же способствуют сохранению работоспособности. Бывает и так, что мышцы туловища начинают дрожать, и это дрожание не помогает выполнять необходимую работу (например, при длительном статическом усилии). Некоторые исследователи в этих лишних движениях видят еще один недостаток — нецелесообразность расходования энергетических веществ. Мы же придерживаемся другой точки зрения, потому что всякое включение в работу других мышц, независимо от целесообразности выполняемой ими работы, увеличивает работоспособность благодаря усилению восстановления энергетических веществ.

Небольшой расход энергетических веществ на сокращение посторонних мышц с лихвой возмещается тем огромным количеством активных энергетических веществ, очень необходимых для работающих мышц, которые выделяются в результате их сокращения. Так что и в этом случае организм является очень «расчетливым хозяином». Поэтому предположение, что при утомлении в центральной нервной системе нарушается координация работы исполнительных органов, неправильно. «Лишние» движения являются вспомогательными и выражают высокую степень координации движений центральной нервной системой.

Глава

ВОССТ
ВО ВР

В свое
ограничив
водили ег
Раньше
проводили
интересны
рефрактор
различные
та. Он зам
волны воз
дражение
нее возбуж
становлив
ция, неско
возбудимо
относитель
возбудимо
назвал экз
препарат о
этого его н
Устано
ждены дан
гих исслед
стоит в сл
ленно вос
время ста
щению.

Такие
ния мыш
никами (1

Глава одиннадцатая

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВО ВРЕМЯ ОТДЫХА

В свое время И. П. Павлов требовал, чтобы физиологи не ограничивались исследованием организма во время работы и проводили его изучение в период отдыха.

Раньше такие исследования ученые в большинстве случаев проводили на нервно-мышечном препарате лягушки и получали интересные данные. Н. Е. Введенский, например, в работе «Фаза рефракторная и фаза экзальтационная» (1908) подробно описал различные состояния возбудимости нервно-мышечного препарата. Он заметил, что в период прохождения по нерву одиночной волны возбуждения возбудимость мышцы исчезает: новое раздражение препарата в этот момент остается без ответа. Позднее возбудимость нервно-мышечного препарата постепенно восстанавливается, и на его раздражение возникает ответная реакция, несколько меньшая, чем исходная. Этот период слабой возбудимости препарата был назван Н. Е. Введенским фазой относительной рефрактерности. Затем наступает повышенная возбудимость нервно-мышечного препарата. Ее исследователь назвал экзальтационной фазой. В эту фазу нервно-мышечный препарат отвечает на раздражение повышенной реакцией. После этого его возбудимость становится исходной. ♥

Установленные закономерности в дальнейшем были подтверждены данными А. Ф. Самойлова, И. С. Беритова и многих других исследователей. Сущность открытия Н. Е. Введенского состоит в следующем: мышца, после того как сократилась, постепенно восстанавливает свой биопотенциал и через некоторое время становится еще более подготовленной к новому сокращению.

Такие же явления обнаружены после тетанического сокращения мышц Н. Е. Введенским (1886), Н. П. Резвяковым с сотрудниками (1927), И. С. Беритовым и Гедевани (1937), П. О. Мака-

ровым (1947). Наиболее тщательно их изучил И. Г. Валидов (1948).

Эти феномены отличаются друг от друга тем, что после одиночного раздражения возбудимость изменяется за доли секунды, а после тетанического сокращения — в течение нескольких секунд и даже минут. Имеются и другие отличия, например: в экзальтационную фазу раздражители повышают силу мышц при одиночных сокращениях, пока не развилось утомление. Этого нельзя было отметить после тетанического сокращения, когда, как доказал И. Г. Валидов (1948), несколько утомленная мышца препарата отвечает на раздражение усилением сокращений, а «свежая» мышца не реагирует. При этом сокращения мышц в момент повышенной возбудимости препарата не превышают исходные.

Колебания возбудимости нерва в восстановительный период были установлены еще в 1912—1913 годах Д. С. Воронцовым. Подобные явления отметили К. Х. Кекчеев (1936) при исследовании функции глаза, В. С. Черкес (1949) — при изучении функций спинномозговых центров и Ю. И. Данько (1959) — во время опытов на центральной нервной системе.

Наиболее детально изучили процессы восстановления функций пищеварительных желез Г. В. Фольборт (1941) и его сотрудники. Они доказали, что в полученном в первую восстановительную фазу секрете меньше плотного остатка, чем в пищеварительном соке, взятом до опыта, во вторую фазу — количество плотного остатка в секрете больше, а в третью — несколько меньше, чем в исходном.

Описанные фазы определяются и при мышечной деятельности человека. Труды, в которых отражены исследования этих явлений, мы разберем более подробно, т. к. изменения возбудимости тканей близки к излагаемым здесь процессам восстановления работоспособности.

Изменение работоспособности руки в период отдыха первыми отметили Л. Л. Васильев и А. А. Князева (1926). Они установили в этом периоде три фазы: 1) фазу неполного восстановления работоспособности, 2) фазу повышенной работоспособности и 3) фазу угнетения работоспособности. М. Е. Маршак (1931), М. И. Виноградов (1935) и В. С. Фарфель (1939, 1941) в своих исследованиях тоже определили эти фазы. Н. К. Витте (1928), К. Х. Кекчеев и Л. И. Брайцева (1930), М. И. Виноградов (1935) и другие установили их по потреблению мышцами кислорода в период отдыха.

Эти данные схожи с результатами исследований возбудимости мышц методом моторной хронаксии. Ю. М. Уфлянд и Л. В. Латманова (1931) установили на 5-й и 10-й минуте отдыха повышенную возбудимость работавшей мускулатуры, тогда как на 20-й и 30-й минуте отдыха ее возбудимость была понижена. Подобные результаты получили и другие экспериментаторы (В. Д. Турбаба и А. Н. Магницкий, 1935; Н. Шамарина, 1936; С. И. Ляховецкий, 1939; А. Б. Леках, С. М. Ляховецкий, Н. Д. Кроль, Э. Л. Геллер, 1939, и другие).

Наиболее интенсивные исследования этих явлений начались в послевоенный период в лабораториях В. С. Фарфеля (1945, 1948), А. Н. Крестовникова (1951), М. В. Лейника (1951). Появились работы Б. С. Гипенрейтора (1953, 1955), Ш. А. Чахнашвили (1954), И. Т. Елфимова (1954), М. В. Волкова и сотрудников (1955, 1958, 1960), Б. Ф. Таварткиладзе (1955, 1958, 1962), Н. Н. Яковлева и сотрудников (1955, 1961), И. К. Гоциридзе (1956, 1958, 1962) и многих других, в которых излагались результаты исследований восстановления мышечной работоспособности в период отдыха. В это время (1953) мы тоже провели исследования восстановления работоспособности утомленных мышц. При этом мы не только изучали восстановление силы мышц, но и сделали попытку найти способы, которыми можно было ускорить восстановительные процессы.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ УТОМЛЕНИЯ

Чтобы определить зависимость процесса восстановления работоспособности человека от продолжительности и степени утомления работающих мышц, мы еще в 1953 году провели опыты, в которых быстрое утомление мышц вызывалось одномоментной статической работой.

В этой серии опытов изучалось как утомление, так и восстановление работоспособности сгибателей пальцев правой руки.

По команде экспериментатора испытуемый с максимальной силой сжимал ручки динамографа и старался их так удерживать в течение одной минуты. Через минуту, по сигналу, он отпускал ручки динамографа. В это время ему запрещалось делать какие-либо движения и разминать уставшие мышцы, его рука спокойно лежала на ручках динамографа. После минуты такого отдыха, снова по сигналу, испытуемый с максимальной силой сжимал

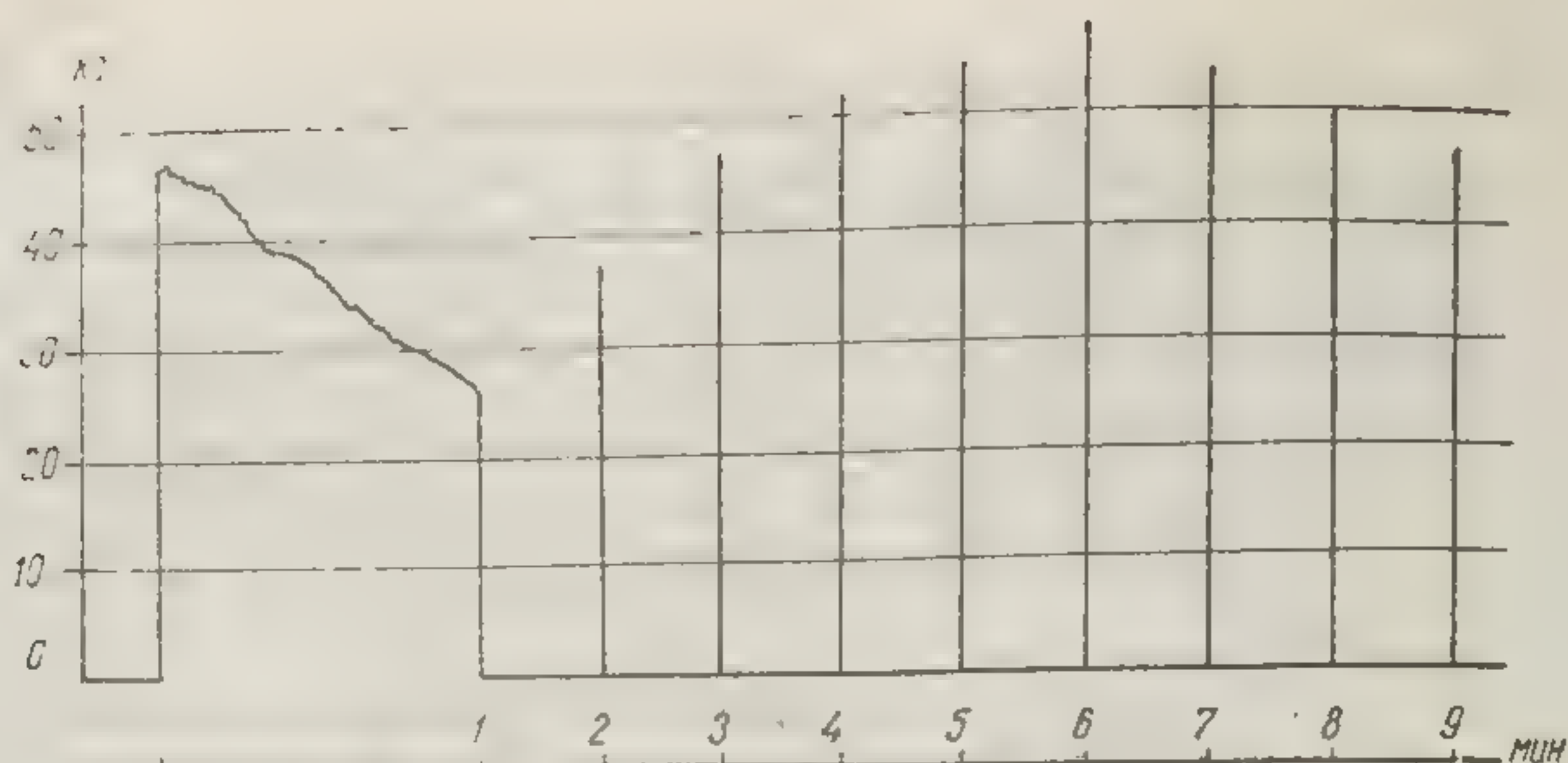


Рис. 59. Восстановление силы сгибателей пальцев правой руки у испытуемого К-о во время отдыха.

ручки динамографа и сразу же отпускал их. Спустя еще одну минуту он делал очередное статическое усилие, потом отдыхал и т. д. Опыт продолжался 8—10 минут. Одна из характерных динамограмм испытуемого К-о, которая была получена во время такого опыта, изображена на рисунке 59.

Как видно на динамограмме, работоспособность сгибателей пальцев восстанавливается постепенно. Сила мышц становилась наибольшей лишь на пятой минуте опыта, а затем снижалась.

Весь период восстановления работоспособности можно разделить на три фазы: первая фаза — полное восстановление работоспособности, вторая фаза — фаза повышенной работоспособности, которую мы называли гиперэргической фазой, и третья фаза — снижение работоспособности. Эту закономерность мы выявили у всех 8 испытуемых, однако в данных опытов есть некоторые индивидуальные различия. У 7 испытуемых наибольшая сила мышц определялась на пятой минуте отдыха и только у одного — на четвертой. У 5 она на 4—6 кг была выше исходной, а у 3 — на 7—8 кг.

В третью фазу периода восстановления работоспособности (через 8 минут отдыха) сила мышц у всех испытуемых снизилась до исходной, а в нескольких опытах — даже на 2 кг ниже ее.

Сопоставляя данные снижения силы мышц к концу одноминутной статической работы с показателями увеличения их силы в гиперэргическую фазу отдыха, нетрудно заметить следующее: чем большее было утомление во время работы, тем сильнее сокращались мышцы во время отдыха.

Таким образом, работоспособность мышц восстанавливается постепенно, через некоторое время она уже выше исходной, а затем опять снижается. Степень восстановления силы мышц зависит от степени утомления: чем большее утомление мышц при одностатической работе, тем интенсивнее восстановление их работоспособности, тем выше сила мышц в гиперэргическую фазу отдыха.

Естественно, возникла необходимость определить зависимость процесса восстановления работоспособности мышц от продолжительности их работы. Поэтому в том же 1953 году мы провели еще одну серию опытов. Во время опытов испытуемые выполняли статическую работу различной длительности — полминуты, минуту и две минуты. Во время отдыха, так же как и в предыдущих опытах, они через каждую минуту один раз со всей силой сжимали ручки динамографа. (Так мы определяли восстановление силы утомленной мускулатуры).

Результаты этих опытов на четырех испытуемых представлены диаграммами на рисунке 60.

Как видно на диаграммах, чем короче работа, а вместе с тем и меньше степень утомления, тем меньше сила мышц в гиперэргическую фазу отдыха. При этом появляется небольшое утомление, которое быстро исчезает. После длительной работы и, соответственно, развития большого утомления гиперэргическая фаза в восстановительный период наступает значительно позже и протекает дольше, чем после непродолжительной работы и небольшого утомления.

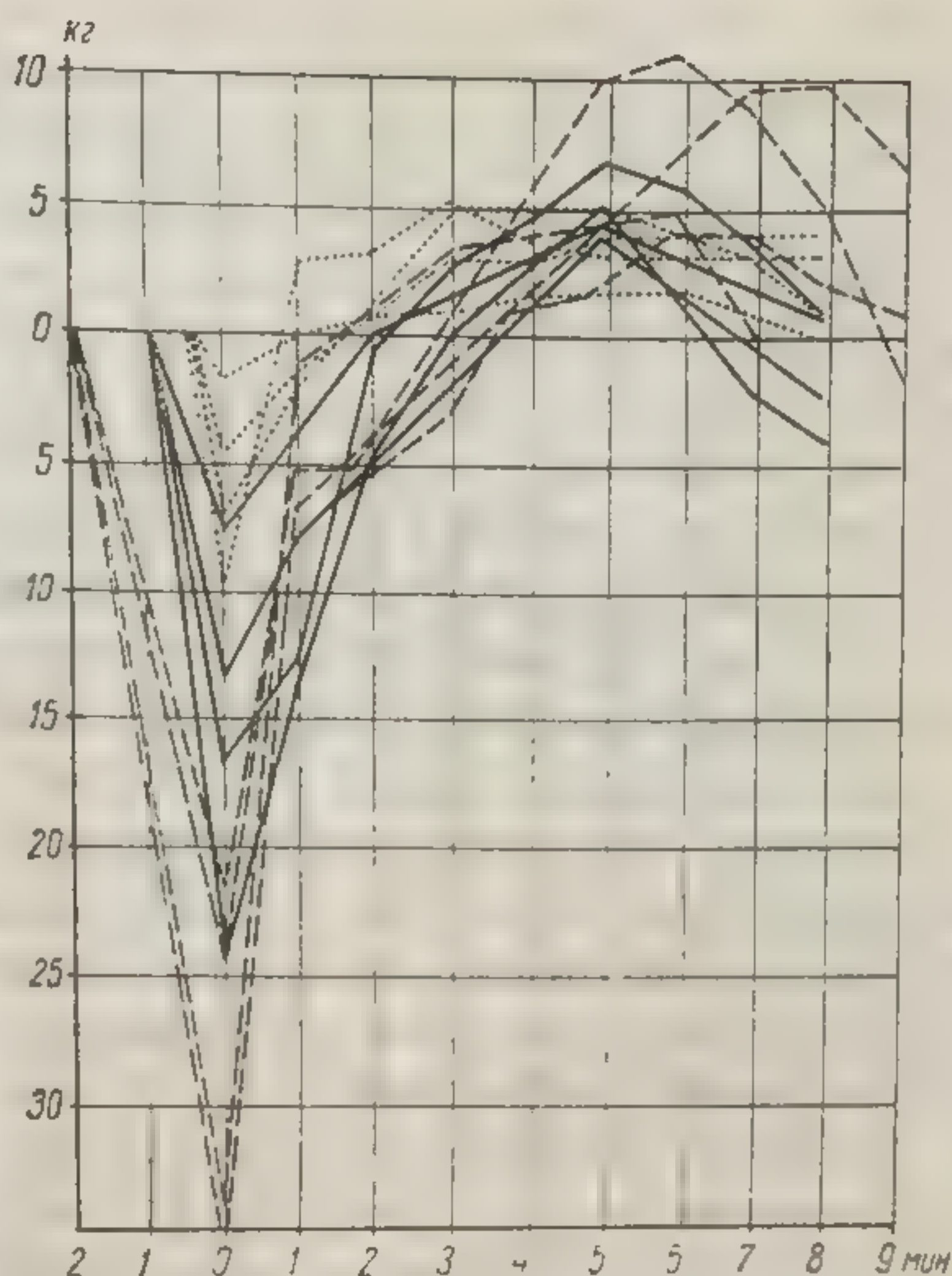


Рис. 60. Снижение и восстановление силы сгибателей правой кисти у четырех испытуемых во время работы и отдыха. Слева по горизонтали отмечены данные силы мышц во время статической работы (--- двухминутной, — в течение одной минуты, за 30 секунд), справа — во время отдыха.

В. С. Фарфель и сотрудники (1939, 1945), также М. Я. Горкин и сотрудники (1954, 1960) в своих работах доказали, что восстановление работоспособности мышц после длительных и утомительных сокращений продолжается сутками.

Таким образом, нам удалось определить следующие закономерности восстановления работоспособности: чем сильнее утомление мышц при кратковременной работе (одноминутная статическая работа), тем интенсивнее восстановление их работоспособности, тем выше сила мышц в гиперэргическую фазу отдыха; чем продолжительнее работа мышц большой утомительности, тем медленнее восстанавливается их работоспособность и, соответственно, позднее наступает гиперэргическая фаза отдыха.

Эти закономерности сохраняют свою силу, когда в работе участвуют отдельные мышечные группы и когда сокращается вся мускулатура тела. Они слегка изменяются, вследствие разного характера функционирования мышц. Мы обнаружили, что мышцы, которые утомляются быстрее, быстрее и восстанавливают свою работоспособность.

Используя выводы К. С. Ратнера (1946), а также собственное заключение о том, что сгибатели правой и левой кисти по-разному утомляются во время одинаковой статической работы, мы решили проследить за восстановлением их силы у четырех испытуемых после одноминутной статической работы по уже описанной методике опыта. В один день исследования работала только левая рука, а в другой — правая. Так повторялось несколько раз.

Результаты этих опытов в виде диаграмм изображены на рисунке 61.

Как видно по полученным данным, у всех четырех испытуемых сила правой кисти быстрее снижается, чем левой, но и быстрее восстанавливается во время отдыха. Следовательно, установленные закономерности восстановления работоспособности в зависимости от быстроты и степени утомления выявляются при работе любых мышечных групп.

Мы хотим обратить внимание читателей еще на одну особенность — восстановление работоспособности в зависимости от количества участвующих в работе мышц.

После 25-секундной интенсивной работы почти всех мышц тела (велогонка на 500 метров) фаза повышенной работоспособности мышц наступает на 15—20-й минуте отдыха (И. К. Гоциридзе, 1962). В наших опытах после 25 секунд работы только сгибателей пальцев правой руки повышенная работоспособность мышц определялась на третьей-четвертой минуте отдыха, т. е. в

5 раз быстрее. Чтобы гиперэнергическая фаза появилась у испытуемого на пятой минуте отдыха, ему нужно на универсальном динамографе выполнять одной рукой максимальную работу в течение одной минуты, тогда как на велоэргометре обеими ногами — только 15 секунд (Б. В. Таварткиладзе, 1962).

Причина этого явления станет понятной, если всякую мышечную работу объяснять расходом и восстановлением активных энергетических веществ. Если работу выполняли несколько мышц, то во время отдыха возникший в них дефицит активных энергетических веществ ликвидируется поступлением этих веществ из других мышц. Если же в работе участвует большое количество мышц, таких возможностей у организма меньше, потому что активных энергетических веществ не хватает не только отдельным мышцам, но и всей мышечной системе.

Таким образом, описанные выше результаты исследований позволяют прийти к новому выводу: скорость восстановления работоспособности мышц в период отдыха зависит от количества участвующих в работе мышц — чем больше мышц выполняло работу, тем медленнее восстанавливается их работоспособность во время отдыха.

УСИЛЕНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УТОМЛЕННЫХ МЫШЦ

В 1953 и 1955 годах мы попробовали ускорить восстановление работоспособности утомленных мышц дополнительной нагрузкой

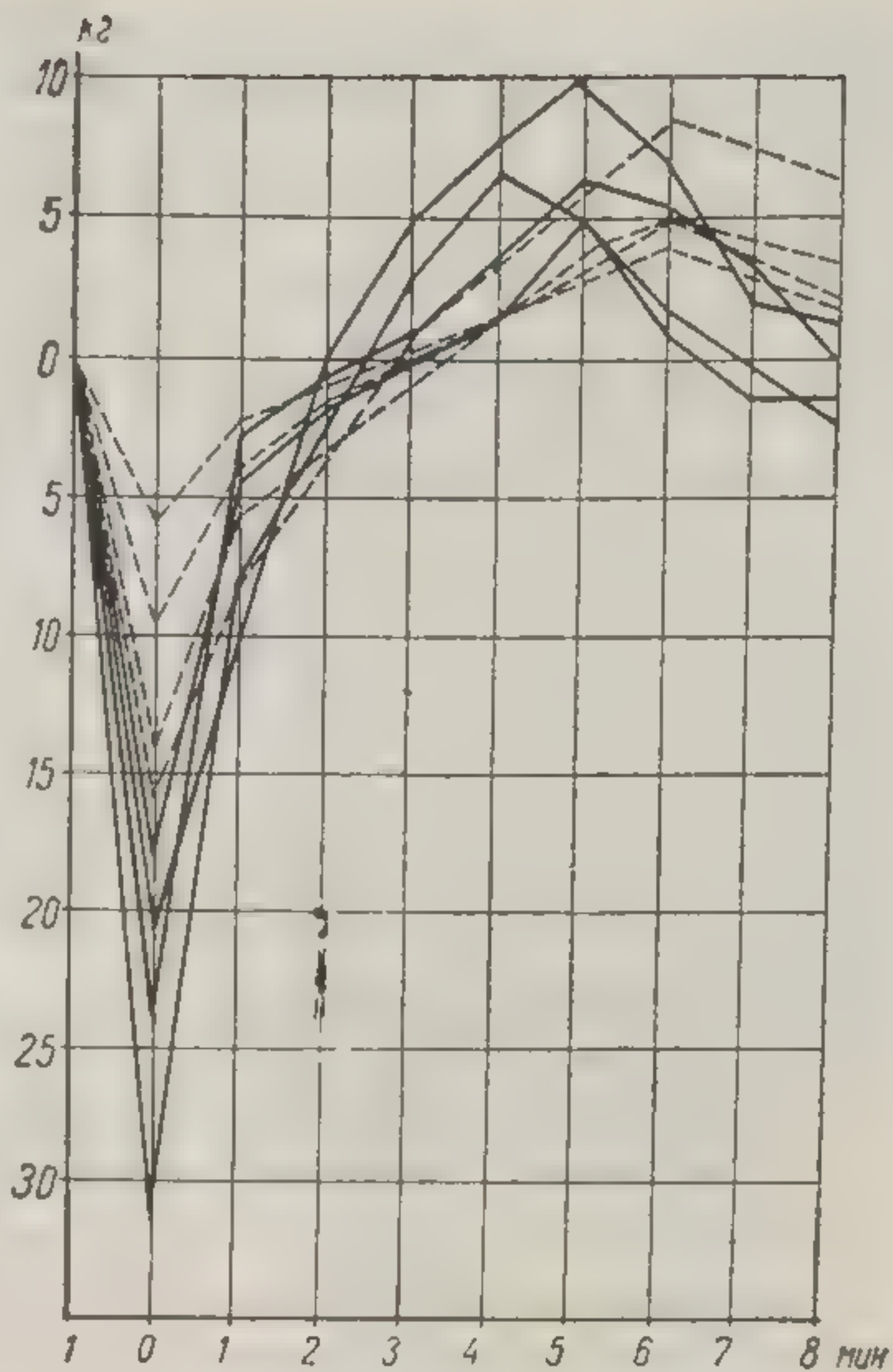


Рис. 61. Снижение и восстановление силы мышц сгибателей пальцев правой и левой руки у четырех испытуемых во время работы и отдыха (— правая, — — — левая руки). Остальные обозначения те же, что и на рисунке 60.

тех же самых мышц. Для этого испытуемый в течение одной минуты выполнял статическую работу (сжимая правой рукой ручки динамографа), а затем через каждую минуту, через 30 или 15 секунд той же правой рукой один раз сжимал ручки динамографа. Каждый опыт длился около десяти минут.

Исследования были проведены на трех испытуемых, у которых получены однотипные результаты.

Было установлено, что выполняемые во время отдыха одиночные сокращения утомленных мышц ускоряют восстановление их работоспособности. Быстрее всего восстанавливалась сила мышц, когда во время отдыха они сокращались 4 раза в минуту, несколько медленнее — когда делалось два усилия в минуту, и еще медленнее — при одном сокращении в минуту. В первом случае сила мышц была самой высокой через 2,5—3 минуты от начала отдыха, во втором случае — через 3—4 минуты и в третьем — на пятой минуте отдыха.

Следовательно, чем чаще сокращались мышцы утомленной руки во время отдыха, тем быстрее восстанавливалась их сила.

Полученные данные вполне согласуются с нашей теорией. Отдельные мышечные сокращения в период отдыха усиливают восстановления энергетических веществ, т. к. процесс расходования активных энергетических веществ наиболее сильно «стимулирует» восстановительный процесс. Благодаря этому быстрее восстанавливается сила утомленной руки.

В этих опытах выявлена и другая закономерность. У испытуемых, когда они во время отдыха сжимали ручки динамографа четыре раза в минуту, гиперэргическая фаза была короче, чем когда мышцы сокращались дважды в минуту, а при двух сокращениях в минуту — короче, чем при одном сокращении мышцы в минуту.

Таким образом, одиночные мышечные сокращения в период отдыха, с одной стороны, способствуют ускорению восстановления работоспособности утомленных мышц, а с другой стороны, снижают их силу в гиперэргическую фазу.

Есть очень много исследований, проведенных по методике И. М. Сеченова (1903), которые посвящены изучению активного отдыха. Мы на них останавливаться не будем, потому что они общезвестны и вошли во все учебники физиологии. Мы не будем касаться и механизма этого явления, который достаточно подробно разобран при описании взаимодействия работающих мышечных групп. Отметим лишь, что нами были проведены исследования активного отдыха по И. М. Сеченову (1953). Было уста-

новлено, что сила утомленных мышц (после одноминутной статической работы) через минуту, во время которой проводилась статическая работа другими мышцами, становилась на 12—16% больше, чем после пассивного отдыха.

Были проведены опыты, в которых в период отдыха утомленной руки испытуемый представлял себе, что выполняет эту работу другой рукой. Работоспособность утомленной кисти восстанавливалась быстрее не только в том случае, когда в период отдыха работа выполнялась другой рукой, но также и во время представления работы неутомленной рукой. Правда, восстановление работоспособности при представлении работы было на 30% меньше, чем при действительной работе.

Мы получили аналогичные данные, когда применили условно-рефлекторный метод исследования (1955). После нескольких сочетаний звонка и включения в работу других мышц звонок становился условным раздражителем и сам по себе ускорял восстановительные процессы в организме примерно в такой же степени, как и во время представления такой работы другой рукой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблеме утомления посвящено много научных работ, которые раскрывают разные стороны этого явления. Несмотря на это, экспериментаторы еще далеки от единого мнения о механизме утомления и самого определения этого понятия. Если собрать все формулировки утомления, то их окажется более 50. Мы остановимся только на некоторых из них, получивших почти всеобщее признание.

Многие исследователи считают, что под утомлением следует понимать такое состояние организма, которое вызывает понижение работоспособности органов и систем и которое, в свою очередь, обусловлено работой и расходом энергии (С. Г. Герштейн, 1929; В. Д. Берлов, 1930; Г. П. Конради, А. Д. Слоним, В. С. Фарфель, 1934, и другие). Г. В. Фольборт, 1955; В. С. Фарфель и С. А. Косилов, 1956, и другие под утомлением понимают вызванное работой временное снижение работоспособности организма. Некоторые рассматривают утомление как неадекватную реакцию организма на изменения окружающей среды (S. Bartley, 1957) или как «декомпенсацию реакции относительно стимула» (N. Burch, T. Greiner, 1958).

В последние годы ученые в свои формулировки утомления стараются включить определение механизма утомления. Напри-
мер, Viqard (1960) писал: «Утомление представляет собой сочетание психических и соматических, специфических и неспецифических явлений, возникающих у человека в результате воздействия нерезко выраженных вредных факторов». В. В. Розенблат (1961) дает еще более широкую формулировку: «Утомление — это вызванное интенсивной или длительной работой временное уменьшение работоспособности, выражающееся в снижении количества и качества работы и ухудшении координации рабочих функций. Утомление при мышечной работе человека есть целостный процесс с центрально-корковым ведущим зве-

ном, представляющий по биологической сущности корковую защитную функцию, а по физиологическому механизму—уменьшение работоспособности прежде всего самих корковых клеток. Последнее обуславливается в большей степени охранительным торможением и в свою очередь обуславливает существенные изменения в состоянии периферических аппаратов».

Приведенные определения утомления в основном правильно отражают различные стороны этого процесса. Одни из них констатируют проявления утомления (понижение работоспособности, вызванное самой работой), другие — устанавливают его механизм. Мы считаем, что определение утомления должно отражать не его внешнюю сторону и механизм, а только главное назначение утомления и причину, его вызывающую. Руководствуясь этими соображениями и исходя из полученных нами данных, мы предлагаем следующее определение: утомление — это функция организма, которая снижает интенсивность внешней работы органов и систем в связи с возникновением дефицита активных энергетических веществ.

Благодаря этой функции работающий орган предохраняется от разрушения. С эволюцией животных изменялась и их функция утомления, но последняя всегда выполняла одну и ту же охранительную роль.

Утомление очень тесно связано с другими функциями организма и взаимодействует с ними. Если во время работы активные энергетические вещества полностью восстанавливаются, утомление не развивается и интенсивность работы остается прежней. Если же энергетические вещества начинают расходоваться в большем количестве, чем восстанавливаются, появляется утомление. Чем больше нарушается соотношение между двумя этими процессами, тем быстрее развивается утомление.

Разобраться в корреляции процессов утомления, а также расходования и восстановления активных энергетических веществ можно только в том случае, когда известны особенности каждого из них. Хотя эти процессы не изучены в прямых опытах, есть данные, по которым можно их охарактеризовать. Процесс расходования все время изменяется в соответствии с изменением интенсивности работы, а восстановительный процесс «отстает» от быстрых перемен. Поэтому с самого начала работы процесс расходования активных энергетических веществ идет с наибольшей интенсивностью, а интенсивность восстановительного процесса нарастает постепенно, становясь наибольшей через некоторое время. Мы пришли к выводу, что эти два процес-

са регулируются различными отделами нервной системы: процесс расходования — соматической, а восстановления — вегетативной нервной системой.

Такая регуляция восстановительного процесса вызвана тем, что этот процесс связан с активизацией энергетических веществ, которые находятся, в основном, в самой работающей ткани. Регуляция восстановительного процесса вегетативной нервной системой, непосредственно не подчиняющейся коре головного мозга, способствует тому, что этот процесс предупреждает разрушение функционирующего органа, особенно его структуры. Вполне возможно, что такая регуляция обусловлена еще и тем, что восстановительный процесс связан с внутренними органами (которые тоже регулируются вегетативной нервной системой), поставляющими энергетические вещества, утомление становится своего рода посредником между процессами расходования и восстановления энергетических веществ, а главное, дополнительным защитником функциональной и структурной целостности организма в более совершенной активной форме. Притом не тогда, когда уже исчезли активные энергетические вещества, а значительно раньше.

Когда наступают большие изменения в одном из нескольких функционирующих органов, утомлением меняется состояние всего организма: начинает уменьшаться внешняя работа не только этого, но и других органов и систем, появляется психическое ощущение усталости. Все это способствует более быстрому восстановлению функции перегруженного работой органа. Таким образом, благодаря функции утомления осуществляется более совершенная корреляция процессов организма во время работы.

Кора головного мозга изменяет интенсивность процессов в работающем органе различным путем в различной степени. Первый путь — прямой (через соматическую нервную систему) позволяет человеку произвольно менять интенсивность работы, а, следовательно, изменять и процесс расходования активных энергетических веществ. Второй путь — косвенный (через вегетативную нервную систему), потому что восстановительный процесс не находится в прямом подчинении коре головного мозга. Получается так, что человек по своему желанию может ускорить процесс расходования энергетических веществ (для этого ему необходимо только увеличить внешнюю работу органа), но он не может в такой же степени ускорить процесс восстановления этих веществ, не может сразу восстановить функции утом-

ленного органа. Нужно определенное время, даже при волевом желании человека, пока этот процесс не завершится сам по себе. Правда, какое-то влияние на восстановительный процесс коры головного мозга оказывает, но оно небольшое.

Такая «автономия» восстановительного процесса вызвана тем, что этот процесс непосредственно связывает структуру органа с его функцией. Поэтому он должен развиваться так, чтобы, с одной стороны, обеспечивать энергетическими веществами работающий орган, а с другой стороны, — охранять структуру тканей, из которых поступают эти вещества.

На утомление, как функцию организма, снижающую интенсивность внешней работы органов и систем, высшие нервные образования влияют несколько больше, чем на восстановительный процесс, но меньше, чем на процесс расходования. Вследствие утомления внешняя работа органа снижается значительно раньше, чем исчезают активные энергетические вещества. Благодаря этому создается запас энергетических веществ, которые могут быть использованы в критический момент.

Охранительная роль утомления выражается в следующем. В результате возникновения под влиянием работы значительных изменений в одном органе в центральной нервной системе создается психическое ощущение усталости, деятельность всех систем организма снижается.

В любой деятельности, физической или умственной, легкой или трудной, участвуют все органы и системы организма. Но в то же время какая-нибудь одна система или даже одно ее звено выполняет самую большую часть работы. Поэтому при исследовании каждого вида деятельности мы стремились найти в работающей системе то звено, в котором начинает развиваться утомление.

При умственной работе самая большая нагрузка приходится на различные образования головного мозга. При освоении нового материала раньше всего выбывает из строя система коры головного мозга, в которой образуются новые связи, а при срочнооперативной деятельности — рецепторная система. При интенсивной мышечной работе раньше всего выбывает из строя исполнительное звено — работающие мышцы.

Наступившие при утомлении изменения в одном из звеньев рефлекторной цепи влекут за собой перестройку других звеньев. Например, как только при срочнооперативной деятельности нарушается восприятие сигналов в рецепторном звене, это звено сразу же подменяется другим — корковым, моде-

лирующим эти сигналы. Человек отвлекается от сигналов и начинает использовать их образы, которые создаются в коре головного мозга. Рецепторное звено в этот момент частично выключается из работы.

Такие же явления определяются при мышечной деятельности. Когда начинает развиваться утомление в одной мышечной группе, в работу непроизвольно включаются другие мышечные группы, которые как бы подменяют утомленные мышцы.

Взаимное замещение функционирующих систем, в которых развилось утомление, «свежими» или даже частичная их подмена свидетельствуют о непосредственном участии центральной нервной системы в процессе утомления. В результате координация функций организма при утомлении не снижается, как считают многие, а, наоборот,— повышается.

ЛИТЕРАТУРА

Аболенский
высшей
1960, вып.

Анохин Г.
М., 1958

Анохин Г.
Антропов

Алексеев
1953, 3

Асратян

Бабаджанян

Сборник

Бабаджанян

ли М.

обосно

Бабаджанян

Мама

физиол

Баевский

при С

Барбашин

челов

Барбашин

Бару А.

тельн

Бархударян

ной

Берит

1948

Берит

сти.

Берит

ных

Берит

шен

17 Зак.

ЛИТЕРАТУРА

- Аболенская А. В. Сборник трудов по проблемам физиологии и патологии высшей нервной деятельности ребенка и охране здоровья детей. Горький, 1960, вып. 3, 22.
- Анохин П. К. Электроэнцефалографический анализ условного рефлекса. М., 1958.
- Анохин П. К. Внутреннее торможение как проблема физиологии. М., 1958.
- Антропова М. В. Советская педагогика. 1958, 8, 37.
- Алексеев М. А. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1953, 3, 883.
- Асратян Э. А. Физиология центральной нервной системы. М., 1953.
- Бабаджаниян М. Г., Костина Е. И., Фрейман С. Я., Пушкин В. Н. Сборник: «Исследования по физиологии трудовых процессов». М., 1962, 186.
- Бабаджаниян М. Г., Соколов В. Н., Костина Е. И., Мамацашвили М. И., Чирков В. Я. Сборник «Материалы к физиологическому обоснованию трудовых процессов». М., 1960, 154.
- Бабаджаниян М. Г., Соколов В. Н., Чирков В. Я., Костина Е. И., Мамацашвили М. И. Вторая научная конференция по вопросам физиологии труда (тезисы доклада). Госмедиздат УССР. Киев, 1955, 106.
- Баевский Р. М. Сборник научных трудов Военно-медицинского факультета при Саратовском медицинском институте. 1958, вып. 2, 63.
- Барбашева З. И. Научная сессия по вопросам возрастной физиологии человека. Тезисы докладов АПН РСФСР. 1954, 4.
- Барбашева З. И. Известия АПН РСФСР. 1955, вып. 76, 70—97.
- Бару А. В. Девятнадцатое совещание по проблемам высшей нервной деятельности. 1960, 1, 28.
- Бархударян С. С. Девятнадцатое совещание по проблемам высшей нервной деятельности. 1960, 1, 32.
- Беритов И. С. Общая физиология мышечной и нервной систем. М.—Л., 1948, I—II.
- Беритов И. С. Об основных формах нервной и психонервной деятельности. М.—Л., 1947.
- Беритов И. С. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. М., 1961.
- Бернштейн А. Н. Клинические приемы психологического исследования душевнобольных. М., 1911.

- Зерешагин Н. К. и Розенблат В. В. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1952, 33, 5, 15, 34, 3, 19.
- Зерхутинна А. И. Сборник: «Вопросы физиологии и патологии зрения». М., Медгиз, 1950, 388.
- Виноградов М. И. Тезисы XV Международного конгресса физиологов. 1935.
- Виноградов М. И. Физиологический журнал СССР. 1935, 19, вып. 1, 99.
- Виноградов М. И. Очерки по энергетике мышечной деятельности человека. 1941. Изд-во Ленинградского гос. университета.
- Виноградов М. И. Физиология трудовых процессов. Л., 1958.
- Виноградов М. И. и Делов В. Е. Ученые записки ЛГУ. 1938, 23. Серия биологии, 23, 6, 97.
- Волков А. М., Бабаджанян М. Г., Костина Е. И. Сборник: «Вопросы физиологии труда». М., 1957, 88.
- Волков В. М. Конференция по вопросам физиологии спорта. Тезисы докладов. Ленинград. 1955, 25.
- Воловик А. Б. Медицинский биологический журнал. 1929, 1, 110.
- Воловик А. Б. Русский физиологический журнал. 1931, 14, 235.
- Воронин Л. Г. Анализ и синтез сложных раздражителей у высших животных. Л., 1952.
- Воронцов Д. С. Труды ИМП. С.-Петерб. общества естествоиспытателей. Отделение зоологии и физиологии. 1912—1913, 11, 3, вып. 6. Работы физиологической лаборатории С.-Петербургского университета, 7—8.
- Вудвортс Р. Экспериментальная психология. М., 1950.
- Гелерштейн С. Г. Психофизиология труда и психотехника. М., Медгиз, 1929.
- Гилл А. Работа мышц. 1929 (перевод с английского).
- Гинецинский А. Г. Русский физиологический журнал. 1923, 6, 1—3, 139.
- Гинецинский А. Г., Нехорошов Н., Тетяева М. Русский физиологический журнал. 1927, 10, 6, 483.
- Гиппенрейтер Б. С. Учение И. П. Павлова — естественно-научная основа физического воспитания. Изд-во Физкультура и спорт. 1953.
- Голиков Н. В. Физиологический журнал СССР, 1957, 43, 7.
- Горбунова Э. Ф. и Хабарова М. И. Сборник: «Работы кафедры физиологии Казахского института физической культуры». Алма-Ата, 1955, 82.
- Горянский В. и Серебренников П. И. Психофизиология труда и психотехника. Медгиз, 1929.
- Гоцпридзе И. К. Пленум научно-методического совета. Тезисы докладов (27—29 марта). М., 1956, 42.
- Грбек Я. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1954, 4, 457.
- Гужеловский А. А. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1962, 12, вып. 3, 465.
- Гурынович Л. А. Весці Акадэміі навук БССР. 1963, 1, серия біялагічных навук, 59.

- Гурынович Л. А. Весці Акадэміі навук БССР. 1963, 3, серыя біялагічных навук, 93.
- Гурынович Л. А. Формирование сложных систем временных связей у человека в возрасте 50—80 лет. 1966, канд. дисс.
- Данилевский В. Я. К вопросу о соотношении физиологической деятельности головного мозга и внешних раздражителей. 1886.
- Данько Ю. И. Влияние мышечной работы и статических усилий на рефлекторную деятельность головного мозга человека. 1959. Автореферат докт. дисс.
- Данько Ю. И. Сборник: «Материалы к физиологическому обоснованию трудовых процессов». М., 1960, 38.
- Дегтярь Е. Н. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1961, 11, вып. 4, 640.
- Дегтярь Е. Н. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1962, 12, вып. 4, 602.
- Дмитриев А. С. и Жидкова А. Г. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1956, 6, 3, 378.
- Дмитриев А. С. Безусловные и условные лабиринтные тонические рефлексы. Минск, 1957.
- Деревенщикова Н. Н. и Буркова Н. М. Врачебное дело. 1928, 12, 990.
- Зубков А. А. и Зилов Г. П. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1937, 4, вып. 4, 301.
- Зима А. Г. Сборник: «Работы кафедры физиологии Казахского института физической культуры». Алма-Ата, 1955, 95, 141.
- Зима А. Г. В книге: «Работы кафедры физиологии Казахского института физической культуры». Алма-Ата, 1957, 2, 19.
- Зима А. Г. Материалы к физиологии статической работы. Алма-Ата, 1958. Автореферат дисс.
- Зимкин Н. В. и соавторы. Физиологические основы физической культуры и спорта. 1953.
- Зоберман К. Г. Сборник: «Вопросы физиологии и патологии зрения». М., Медгиз, 1950, 397.
- Золина З. М. Сборник: «Методы физиологических исследований трудовых процессов». М., 1960, 66.
- Иванов-Смоленский А. Г. Методика исследования условных рефлексов у человека (ребенка и взрослого, здорового и больного). 1933.
- Иотейко Ж. Труд и его организация. Госиздат, 1925.
- Истаманов С. С. О влиянии раздражения чувствительных нервов на сосудистую систему у человека. 1885. Дисс. СПб.
- Касаткин Н. И. Очерк развития высшей нервной деятельности ребенка в раннем возрасте. 1951.
- Касаткин Н. И. Ранние условные рефлексы в онтогенезе человека. 1948.
- Каплун Э. Г. и Редькина Е. К. Известия АПН РСФСР. 1953, вып. 47, 141.
- Капустник О. П. Труды лаборатории физиологии высшей нервной деятельности ребенка. Сб. 1, М.—Л., 1930, 115 и сб. 2, 11.

- Кекчеев К. Х. Физиологический журнал СССР. 1946, 32, 2, 157.
- Кекчеев К. Х. Известия АПН РСФСР. 1947. Отдел психологии, вып. 8, 51, 115.
- Кекчеев К. Х. Физиологический журнал СССР. 1947, 33, 4, 475.
- Кекчеев К. Х. Проблемы Сов. физиологии, биохимии и фармакологии. М., 1949, 244.
- Кекчеев К. Х. и Брайцева Л. И. Гигиена безопасности и патология труда. 1930, 3.
- Кекчеев К. Х., Кравков С. В., Шварц Л. А. Известия АПН РСФСР. 1947, 8.
- Кесарева Е. П. Тонус скелетных мышц и его регуляция у здорового человека. Минск, 1960.
- Киколов А. И. Сборник: «Материалы к физиологическому обоснованию трудовых процессов». М., Медгиз, 1960, 145.
- Киколов А. И. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 172.
- Киколов А. И. Умственно-эмоциональное напряжение за пультом управления. 1967.
- Кольцова М. М. О формировании высшей нервной деятельности ребенка. 1958.
- Конопасевич П. А. Дальнейшие материалы к физиологии мышечной усталости. 1892. Дисс. СПб.
- Коробков А. В. Физиологический журнал СССР. 1955, 41, 1, 43.
- Каримова М. М., Волкова И. М., Глотова К. В., Милков Л. Е. Физиология труда. Материалы V конференции. 1967, 146.
- Каримова М. М. и Шардакова Э. Ф. Физиология труда. Материалы V конференции. 1967, 150.
- Карпов И. В. Психофизиология труда и психотехника. М., Медгиз, 1929.
- Котляревский Л. И. На пути к изучению высших форм нейродинамики ребенка. 1934, 54.
- Конради Г. П., Слоним А. Д., Фарфель В. С. Общие основы физиологии труда. М.—Л., 1934.
- Коробков А. В. Материалы к вопросу о физиологическом обосновании тренировки частоты движений. Л., 1953. Дисс.
- Космачева А. С. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 182.
- Косилов С. А. Сборник: «Материалы к физиологическому обоснованию трудовых процессов». М., Медгиз, 1960, 85.
- Кулак И. А. Кортикальная регуляция утомления при мышечной работе и восстановление работоспособности при отдыхе человека. Канд. дисс., Минск, 1953.
- Кулак И. А. Тезисы доклада IX научной конференции БГОИФК. Минск, 1954, 7.
- Кулак И. А. Республиканская конференция физиологов, биохимиков, фармакологов и морфологов БССР. Минск, 1955, 32, 34.
- Кулак И. А. Тезисы докладов X итоговой научной сессии БГОИФК. Минск, 1955, 8.

- Кулак И. А. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по вопросам физиологии спорта. Л., 1955, 73.
- Кулак И. А. Материалы конференции по вопросам научно-исследовательской работы БГОИФК. Минск, 1957, 10.
- Кулак И. А. Тезисы докладов научной сессии, посвященной 25-летию деятельности Белорусского научно-исследовательского института охраны материнства и детства. Минск, 1957, 28.
- Кулак И. А. Тезисы докладов научной сессии института физиологии АН БССР. Минск, 1957, 15, 1.
- Кулак И. А. Тезисы докладов Пленума комиссии по вопросам физиологии спорта. Киев, 1957, 77.
- Кулак И. А. Труды института физиологии АН БССР. Минск, 1958, 2, 48, 61.
- Кулак И. А. Тезисы и рефераты докладов XVIII совещания по проблемам высшей нервной деятельности. Л., 1958, вып. 2, 209.
- Кулак И. А. Доклады АН БССР. Минск, 1959, III, вып. 4, 177.
- Кулак И. А. Труды института физиологии АН БССР. Минск, 1959, III, 13, 25, 38.
- Кулак И. А. Материалы докладов научной сессии института физиологии АН БССР. Минск, 1959, 3, 6.
- Кулак И. А. Материалы IV научной конференции по вопросам возрастной морфологии, физиологии и биохимии. Москва, 1959, 183.
- Кулак И. А. Всесоюзный IX съезд физиологов, биохимиков и фармакологов. Тезисы докладов. Минск, 1959, 1, 265.
- Кулак И. А. Труды конференции по вопросам физиологии, биохимии и морфологии спорта, 10—14 июня 1957 г. Киев, 1959, 227—235.
- Кулак И. А. Труды IV научной конференции по вопросам возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М., 1960, 42—44.
- Кулак И. А. Тезисы докладов конференции по вопросам физиологии спорта. Тбилиси, 1960, 121—123.
- Кулак И. А. Формирование сложных систем временных связей у человека. Автореферат диссертации. Изд-во АН БССР, 1961.
- Кулак И. А. Труды института физиологии АН БССР. Минск, 1961, 4, 150.
- Кулак И. А. Формирование сложных систем временных связей у человека. Минск, Изд-во АН БССР, 1962.
- Кулак И. А. Материалы I съезда Белорусского физиологического общества им. И. П. Павлова. Минск, 1962, 113.
- Кулак И. А. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 202.
- Кулак И. А. і Шафранскі А. В. Весці Акадэміі навук Беларускай ССР. Серыя біялагічных навук. 1964, 3, 98—102.
- Кулак И. А. Сборник: Гигиена воспитания и обучения детей и подростков. Минск, 1965, 53 и 68.
- Кулак И. А. Программированное обучение и применение технических средств в спортивной тренировке. Материалы докладов научно-методической конференции. Минск, 1965, 83.

- Кулик Н. А. Материалы II съезда Белорусского физиологического общества им. И. П. Павлова. Минск, 1966, 163 и 165.
- Кулик Н. А. Программированное обучение. Труды Межреспубликанской конференции по программированному обучению. Минск, 1967, 189.
- Кулик Н. А., Гуринович Л. А. Физиология труда. Материалы V Всесоюзной конференции по физиологии труда. Минск, 1967, 185.
- Крепелин Э. Умственный труд. Перевод с немецкого. Одесса. 1898.
- Крепелин Э. Гигиена труда. Умственный труд. Переутомление. СПб. 1898.
- Крепс Е. М. и Стрельцов В. В. Журнал экспериментальной биологии и медицины. 1928, 10, 27, 571.
- Крестовников А. Н. Известия научного института им. Лесгафта. 1927, 13, вып. 1, 55.
- Крестовников А. Н. Очерки по физиологии физических упражнений. М., 1951.
- Кряжев В. Я. Тезисы материалов 2-й научной конференции по вопросам возрастной морфологии и физиологии. М., 1955, 77.
- Кряжев В. Я. Высшая нервная деятельность животных в условиях общения. М., 1955.
- Красногорский Н. И. Высшая нервная деятельность ребенка. 1958.
- Куневич В. Г. и Хавкина Н. Н. Сборник работ физиологической лаборатории Ленинградского государственного университета. 1930.
- Купалов П. С. и Гент В. Х. Труды физиологических лабораторий им. акад. И. П. Павлова. 1928, II, вып. 2, 3.
- Курбатова И. Н. и Шейдин Я. А. Ученые записки ЛГУ. 1938, 6, 23, 149.
- Левицкий В. А. Гигиена труда. 1926, 1, 4, 10, 11.
- Левицкий В. А. Общественный врач. 1922, 2, 5.
- Лейник М. В. К учению о физиологических основах рационализации режима труда и отдыха. Киев, 1951.
- Леках А. Б., Ляховецкий С. М., Кріль Н. Д., Геллер Э. Л. Труды Днепропетровского института гигиены труда и профзаболеваний. 1939, 9.
- Либерман М. Вопросы психофизиологии, рефлексологии и гигиены труда. Казань, 1926, 2.
- Либерман В. Б. и Трубицина Г. А. Тезисы совещания по физиологии физической культуры. Л., 1952.
- Ливанов М. Н. Тезисы VII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов. М., 1947, 179.
- Ливанов М. Н., Королькова Т. А., Френкель Г. М. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1951, I, вып. 4, 332.
- Линский Д. Я. Вторая расширенная научная конференция по проблемам физиологии, посвященная 40-летию установления Советской власти в Грузии. Кутаиси, 1960, 82.
- Ляховецкий С. И. Труды Днепропетровского института гигиены труда и профзаболеваний. 1939, вып. 9.

- Макаров П. О. Советская невропатология, психиатрия и психогигиена. 1934, 3, 4, 94.
- Макаров П. О. Проблемы микрофизиологии. 1947.
- Маркосян А. А. Известия АПН РСФСР. 1953, 47, 207, 211.
- Маркосян А. А., Алексеева Т. Е. Известия АПН РСФСР. 1953, 47, 225.
- Маркосян А. А. и Бишенкевич С. И. Известия АПН РСФСР. 1954, 60, 221.
- Маршак М. Е. Физкультура и социалистическое строительство. 1932, 10—11.
- Маршак М. Е. Гигиена труда и техника безопасности. 1936, 2, 22.
- Мелия А. С. Тезисы докладов конференции по вопросам физиологии спорта. 1955, 85.
- Михайлов К. Первая Всесоюзная конференция по психофизиологии труда и профотбору. Тезисы докладов. 1927, 130.
- Могендович М. Р. Физиологический журнал СССР. 1959, 45, 6, 738.
- Моссо Анджело. Усталость. СПб, 1893 (перевод с итальянского).
- Мясищев В. Н. Новое в рефлексологии и физиологии нервной системы. Л., 1925, 1, 291, Л., 1926, 2, 202.
- Нарикашвили С. П. Теория и практика физической культуры. 1953, 16, 7, 421.
- Нечаев А. П. Современная экспериментальная психология и ее отношение к вопросу школьного обучения. СПб. 1908.
- Нифонтова Л. Н. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 256.
- Норкина Л. Н. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1951, 1, вып. 4, 569.
- Новиков А. Н. Журнал невропатологии и психиатрии. Приложение. 1959, 56.
- Орбели Л. А. Известия Петроградского научно-исследовательского института им. П. Ф. Лесгафта. 1923, VI.
- Орбели Л. А. Известия научно-исследовательского института им. П. Ф. Лесгафта. 1923, 6, 198.
- Орбели Л. А. Успехи экспериментальной биологии. 1927, вып. 3—4.
- Орбели Л. А. Известия научно-исследовательского института им. П. Ф. Лесгафта. 1923, 6, 187.
- Павлов И. П. Полное собрание сочинений. Изд-во АН СССР. 1951—1952, 1—5.
- Павлова Т. Н. Гигиена и санитария. 1956, 2, 32.
- Павлова Т. Н. Сборник: «Вопросы физиологии труда». М., Медгиз, 1957, 150.
- Петелина В. В. Физиологический журнал СССР. 1952, 38, 5, 566.
- Петрова М. К. Собрание трудов. 1953, 2.
- Поворинский Ю. А. Методика исследования двигательных условных рефлексов на речевом подкреплении. 1954.
- Попов Г. В. Ученые записки ЛГУ. Серия биологическая. 1938, 23, 6, 106.

- Пратусевич Ю. М. Умственное утомление школьника. М., 1964.
- Рабинович В. И. Вопросы психофизиологии, рефлексологии и гигиены труда. Казань. 1923, 1.
- Редькина Е. К. и Широкова Е. А. Известия АПН РСФСР. 1954, вып. 60, 193.
- Резвяков Н. П. Русский физиологический журнал. 1927. 10, вып. 5, 349.
- Рогов А. А. Русский физиологический журнал. 1929. 12, 6, 507.
- Розенблат В. В. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1957, 43, 3, 16.
- Розенблат В. В. Проблема утомления. М., Медгиз, 1961.
- Розенблюм Д. Е. Военно-медицинский журнал. 1947, 7, вып. 11, 51.
- Рокотова Н. А. Физиологический журнал СССР. 1954, 40, 6, 727.
- Рузер Е. И. Гигиена труда. 1924. 7—8.
- Самойлов А. Ф. Избранные статьи и речи. 1946, 191.
- Самойлов А. Ф. Архив физиологии. 331, 39.
- Сапер А. А. и Гершун Г. В. Гигиена и безопасность труда. 1929, 4, 3.
- Сахиуллина Г. Т. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1957, 7, вып. 5, 752.
- Сахиуллина Г. Т. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1961, 9, вып. 3, 450.
- Сеченов И. М. Избранные труды. М., 1903, 1935, 152.
- Словцов Б. И., Рубель Б. И. Русский физиологический журнал. 1925, 8, 1—2, 51.
- Словцов Б. И. Физиология труда. М.—Л., 1925.
- Смоленская Э. П. Труды лаборатории физиологии и патофизиологии высшей нервной деятельности ребенка и подростка. М. 1934, 4, 304.
- Соловьева В. П. В книге: «Вопросы физиологии труда». М., 1957, 160.
- Соловьева В. П., Подоба Е. В. и Водолазский Л. А. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 311.
- Степанов Г. И. Известия Петроградского научного института имени П. Ф. Лесгафта. 1923, VI.
- Степанов Г. И. Русский физиологический журнал. 1924, 6, 108.
- Стромская Е. П. Опыт изучения утомляемости школьников, перенесших ангину и сезонные катары верхних дыхательных путей. Известия АПН РСФСР. 1954, вып. 60, 295.
- Сыренский Н. Н., Соломин М. Я., Сарапов М. Я. Труд и заболеваемость работниц московского телефона. М., изд-во Мосздравотдела. 1928.
- Таварткиладзе Б. В. Конференция по вопросам физиологии спорта. 1955, 102.
- Таварткиладзе Б. В. Сборник: «Проблемы физиологии спорта». М., 1958, 147.
- Таварткиладзе Б. В. К физиологическому анализу следовых процессов после кратковременной мышечной работы максимальной интенсивности. Автореферат дисс. Тбилиси. 1962.

- Гарханов И. Р. Новейшие исследования по различным отраслям медицинских наук. СПб. 1880, 331—342.
- Телятник Ф. К. Вестник психиатрии и невропатологии. 1897, 12, 1, 294.
- Трауготт Н. Н. Труды лаборатории физиологии и патофизиологии высшей нервной деятельности ребенка и подростка. М., 1934, 4, 273.
- Турбаба В. Д. и Магницкий А. Н. Арх. биол. наук. 1935, 38, выд. 2, 261.
- Тэнесеску Г. и Стэнчулеску Е. Конференция румынских физиологов. Бухарест, изд-во Румынской Народной Республики. 1960.
- Устинова А. И. Авиационная и космическая медицина. Материалы конференции, М., 1963, 454.
- Устинова А. И. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 324.
- Уткин И. А. и Авджиан М. В. Сборник: «Физиология и патология высшей нервной деятельности у обезьян». Сухуми, 1960, 17.
- Ухтомский А. А. Физиология двигательного аппарата. Л., 1927, вып. 1.
- Ухтомский А. А. БСЭ. В статье: «Утомление». 1936, 56, 420.
- Ухтомский А. А. Парабиоз и доминанта. М., 1927.
- Уфлянд Ю. М. и Латманизова Л. В. Труды Ленинградского института по изучению профзаболеваний. 1931, 5, 7.
- Уфлянд Ю. М. Физиологический журнал СССР. 1937, 23, вып. 1, 34.
- Фарфель В. С. Курс физиологии человека. Гл.: «Утомление». М., 1948, 234.
- Фарфель В. С. и Косилов С. А. Утомление. Большая Советская Энциклопедия. М., 1956, 2, 44.
- Фарфель В. С., Подоба Е. В., Соловьева В. П. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 333.
- Фольборт Г. В. Труды I-го Харьковского медицинского института. 1941.
- Фуфлыгина Т. П. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1953, 3, 5, 718.
- Фуфлыгина Т. П. Труды института высшей нервной деятельности. Серия патофизиологическая. 1956, 2, 34, 99.
- Фуфлыгина Т. П. Опыт экспериментального исследования взаимодействия сигнальных систем у детей и влияние на это взаимодействие школьного дня. Дисс. М., 1957.
- Хлопин Г. В., Волжинский В. А. и Яковенко. Гигиена труда. 1927, 1, 3.
- Хоружая С. Д. Труды пятой научной конференции по вопросам возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М., изд-во АПН РСФСР, 1961, 307.
- Цанева Н. Н., Ганчев Г. Н., Хаджиолова И. Н. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского. Л., 1963, 342.
- Чахнашвили Ш. А. Теория и практика физической культуры. 1953, 16, 11, 809.
- Чалисов М. К. Врачебное дело. 1928, 5, 397.

- Черкес В. А. К изучению процессов утомления и восстановления функциональной способности нервных центров спинного мозга. Дисс. Киев. 1949.
- Чеснокова А. П. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1952, 3, 373.
- Шамарина Н. Сборник работ Ленинградского института труда и профзаболеваний. 1936, вып. 24, 1.
- Шастин Н. Р. Русский физиологический журнал. 1929, 12, 5, 469.
- Шатерников М. Н. В книге: «IV Всесоюзный съезд физиологов, биохимиков и фармакологов». Сб. докл. Тбилиси. 1937, 342.
- Шатенштейн Д. И. Регуляция физиологических процессов при работе. М.—Л., 1939.
- Шатенштейн Д. И. и Иорданская Е. Н. Физиологический журнал СССР. 1955, 41, 35.
- Шебеко Н. И. и Коробко Т. П. Республиканская конференция физиологов, биохимиков и др. БССР. Тезисы докладов. Минск, 1955, 71.
- Шейдин Я. А. и Куневич В. Г. Материалы к V Всесоюзному съезду физиологов, биохимиков, фармакологов. 1934, 207.
- Шек М. П. Вопросы психологии. 1963, 1, 111.
- Шустин Н. А. Физиология лобных долей головного мозга. Медгиз, 1959.
- Эдриан И. А. Механизм нервной деятельности. Биомелгиз. 1935.
- Ющенко А. А. Условные рефлексы ребенка. Опыт изучения физиологии больших полушарий ребенка секреторнодвигательным методом. М.—Л., Госиздат, 1928, 148.
- Яковлев Н. Н. Очерки по биохимии спорта. Изд-во Физкультура и спорт. 1955.
- Adrian E., Arch. Neurol. Psychiat., Chic., 1934, 32, 1125.
- Andersen H., Zeitscher für Schulgesundheitspflege, 1904, 17, 540.
- Bellei G., Rev. Sperimentale di Freniatria, 1900, 26, 692.
- Bessel E., Universitats — Buchhandlung, 1823.
- Binet A., L'etude experimentale de l'intellegense. Paris, 1903.
- Binet A. et Henry V., La memoire des phrases. Ann. Psychol., 1894, 1.
- Bourdon B., Sur la succession des phenomens psychologiques. Rev. Philos., 1895, 40, 153.
- Brandschow D., J. exp. Psychol., 1937, 20, 184.
- Bujas Z. et Petz B., Trav. humain, 1956, 19, 3—4, 193.
- Bujas Z., Petz B. et Krakovic A., Archiv. hig. rada, 1953, 4, 2, 125.
- Burgerstein L., Zeitschr. für Schulgesundheitspflege, 1891, 4, 543.
- Burch N., Greiner T., J. Psychol., 1958, 45.
- Busch G., Wachholder K., Arbeitsphysiologie, 1953, 15.
- Caton R., Brit. med. J. 1875, 2, 278.
- Cason H., Journ. of. exper. psychol., 1922, 5, 153.
- Cason H., Psychol. Rev., 1934, 41, 563.
- Chocholle R., Ann. psychol, 1945, 41—42, 65.

- Claparede E., *Psychologie de L'enfant de pedagogie experimentale*, 2 Eg, 1909.
- Davis R., *Amer. G. Psychol.*, 1955, 68, 4.
- Dupur G., Fessard A., *Ann. Psychol.*, 1935, 36, 1.
- Ebbinhaus H., *Über das Gedächtnis*, Leipzig, 1885.
- Exner A., *Arch. f. d. ges. Phisiol. d. Menschen und die Tiere*, hrsgg. v. E. F. Pfluger, 1873—1874, 1875.
- Embden G., Jost H., *Ztschr. physiol. Chemie Hoppe—Seyl.*, 1927, 165, 246.
- Fere Ch., *Travail et plaisir*. Paris, 1904.
- Fere Ch., *C. R. Soc. biol.*, 1905, 59, 287.
- Fletcher W., Hopkins F., *J. Physiol.*, 1906, 35, 247.
- Friedrich., *Zeitschr. Psychol. Physiol. der Sinnesorgane*, 1896, 13, 1.
- Goldstein K., *Aftereffects of brain injuries in war*. N. G., 1942.
- Grandjean E., *Schuweizmed. Wschr.*, 1959, 89, 36.
- Grandjean E., *Inter. Z. Angew. Physiol.*, 1959, 17, 400.
- Grandjean E., Battig K., *Helv. Physiol. et Pharmacol.*, 1955, 13, 3.
- Griesbach H., *Arch. Hygiene*, 1895, 24, 124.
- Haas E., *Pflug. Arch. ges. Physiol.*, 1928, 218, 386.
- Heider M., *Leitschrift für experimentelle angewandte Psychologie*, 1956, 4, 1.
- Helmholtz H., *Monoitsberichte der Berliner Akad. Wissenschaft*, 1867, 228.
- Hirsch A., *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen u. d. Tiere*. Herausg. v. Jac. Moleschott, 1861, 9, 183.
- Hofbauer L., *Pfl. Arch.*, 1897, 68, 546.
- Hopfner., *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol., d. Sinnesorgane*, 1894, 6, 191.
- Joteyko J., *La fatigue*. Paris, 1920.
- Kennedy J., In book *simposium on fatigue*. Ed. by Flayd N. F. and Welford A. F. London, 1953.
- Kobayashi., *Med. Z. Biol.*, 1924, 81, 263.
- Krapelin E., *Ueber geistige Arbeit*. Jena, 1892.
- Kries J., Auerbach F., *Arch. Physiol. Psychol. Abt.* hrsgg. v. E. Du Bois-Reymond, 1877.
- Krupkowski S., *Acta physiol. Polon*, 1954, 5, 1, 115.
- Lany I., *Le Systeme Taylor et la Phisiologie du travail professionnel*. Paris, 1921.
- Lee F., *Fatigue Harvey tect*, 1906, 1, 169.
- Lindhard., *Scand. Arch. Physiol.*, 1920, 40, 145.
- MacDaugall, *Psychological Review*, 1896, 158.
- Morison R., Dempsey E., *Amer. J. Physiol.*, 1942, v. 135.
- Morrel S., Jasper H., *EEG. clin. Neurophysiol*, 1955, v. 7.
- Moruzzi G., Magoun H., *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1949, v. 1, 455.
- Mosso A., *Die Diagnostik des Pulses*. Leipzig, 1879.
- Mosso A., *Arch. ital. Biol.*, 1884, 5, 130.
- Mosso A., *Arch. ital. Biol.*, 1890, 13, 123.
- Müller E., *Quart. J. Exper. Physiol.*, 1953, 38, 4, 205.

- Munsterberg H., Grundzuge der Psychotechnik. Leipzig, 1920.
- Naess K., Storm-Mathisen A., Acta physiol. scand., 1955, 34, 4, 351.
- Nukada A., Muller E., Internat. Z. angew. Physiol., 1955, 16, 1, 61.
- Palmen., Sk. Arch. Physiol., 1910, 24, 137.
- Patrizi M., Arch. ital. de biol., 1893, 19, 126.
- Penfield W., Rasmussen T., The cerebral Cortex of Man., New York, The Macmillan, 1950.
- Penfield W., Jasper H., Epilepsy and the funktional anatomy of the human brain. Boston, 1954.
- Scheminzi E. Klin. Wschr., 1929, 27, 1264.
- Scherrer J., Samson M., Paleologue A., Compt. rend. Soc. biol., 1953, 147, 23—24, 1993.
- Simmonet H., Michel E., Compt. rend. Soc. biol., 1949, 134, 3—4, 198.
- Weichardt W., Über Ermüdungsstoffe. Stuttgart, 1910.
- Weichardt W., Ergebnisse der Hygiene, Bacteriologie, Immunitätsforschung und experimentelle Therapie. B. 5. Berlin, 1929.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
ЧАСТЬ I	
Глава первая. Пути изучения умственного утомления	5
Изменение чувствительности рецепторных систем при умственном утомлении	5
Влияние умственной деятельности на двигательные функции человека	8
Изменение вегетативных функций организма при умственном утомлении	9
Изменение сложных психических процессов при умственном утомлении	11
Изменение условнорефлекторной деятельности человека во время умственной работы	14
Объяснение механизма утомления и поиски главной причины его возникновения	19
Принципы, которых мы придерживаемся в наших исследованиях	21
Глава вторая. Оперативная функция головного мозга и ее изменения под влиянием работы	23
Изменение быстроты ответных реакций человека в различные периоды его деятельности	24
Изменение быстроты ответных реакций при периодическом ускорении работы	28
Степень снижения функций различных звеньев рефлекторной цепи в процессе оперативной деятельности	31
Влияние различного функционального состояния исполнительного звена рефлекторной цепи на быстроту ответных реакций	32
Влияние различного функционального состояния рецепторного звена на быстроту ответных реакций человека	36
Взаимодействие звеньев рефлекторной цепи в процессе работы	38
Заключение	44
Глава третья. Замыкательная функция головного мозга и ее изменения в процессе работы	47
Возможности замыкательной функции головного мозга в условиях «краткосрочной памяти»	48
Замыкательная функция головного мозга в условиях «долгосрочной памяти»	51
Изменение замыкательной функции коры головного мозга у людей разного возраста в условиях «долгосрочной памяти»	57
Перегрузка замыкательной функции коры в условиях «долгосрочной памяти»	64
Влияние тренировки нервной системы на замыкательную функцию коры головного мозга в условиях «долгосрочной памяти»	67
Влияние многочасового труда на замыкательную функцию коры головного мозга	74

3	Изменения замыкательной функции коры головного мозга в условиях «долгосрочной памяти» в зависимости от трудового стажа рабочих и сложности производственного задания	77
	Замыкательная функция коры головного мозга при образовании новых связей из только что сформированных	79
	Заключение	84
5	Глава четвертая. Сличительная функция коры головного мозга и ее изменения в процессе работы	88
5	Проявления сличительной функции коры головного мозга в период освоения коротких сигнальных комплексов	88
8	Проявления сличительной функции коры головного мозга при формировании сложных систем временных связей через первую и вторую сигнальные системы	98
9	Проявления сличительной функции коры головного мозга при формировании сложных систем временных связей через разные анализаторы	112
11	Обмен информацией между системами временных связей, образованных через один анализатор	118
14	Обмен информацией между одинаковыми системами временных связей, образованными в различных условиях	121
19	Обмен информацией между одинаковыми системами временных связей, созданными в различное время	124
21	Проявление сличительной функции коры головного мозга при использовании информации прочных временных связей	133
23	Заключение	135
24	Глава пятая. Участие различных нервных образований и некоторых систем организма в умственной деятельности человека . . .	137
28	Роль анализаторов в замыкательной функции коры головного мозга	137
31	Изменение биоэлектрической активности головного мозга при формировании сложных систем временных связей	150
32	Изменения температуры кожи при формировании сложных систем временных связей	165
36	Изменения работы сердца в процессе освоения испытуемым простых и сложных сигнальных комплексов	170
38	Глава шестая. Взаимодействие различных корковых функций в период умственной деятельности	177
44	Изменение основных корковых функций в процессе работы	177
47	Взаимодействие корковых функций в различные периоды утомления	179
48	часть II	
51	Глава седьмая. Проблемы утомления при мышечной работе	183
57	Развитие исследований физического утомления	183
64	Наши принципы в исследованиях физического утомления	189
67	Глава восьмая. Закономерности развития утомления в исполнительном звене рефлекторной цепи	191
74	Развитие утомления при физической работе различной интенсивности	191
		271

Изменение соотношения процессов расходования и восстановления активных энергетических веществ в период мышечной работы	197
Влияние тренировки мышечной системы на соотношение процессов расходования и восстановления энергетических веществ при мы- шечной работе	202
Особенности развития утомления разных мышечных групп при раз- личных видах деятельности	203
Заключение	205
Глава девятая. Роль высших нервных образований в регуляции процессов расходования и восстановления при мышечной работе	209
Заключение	217
Глава десятая. Взаимодействие функциональных систем во время работы	224
Основные теории взаимодействия функциональных систем	224
Влияние работы различных мышечных групп на взаимодействие про- цессов расходования и восстановления активных энергетических веществ	227
Корковое моделирование процессов расходования и восстановления энергетических веществ при взаимодействии работающих мышц	237
Влияние произвольных движений на сокращения утомленных мышц	239
Глава одиннадцатая. Восстановление работоспособности во время отдыха	243
Восстановление работоспособности в зависимости от степени утом- ления	245
Усиление восстановления работоспособности утомленных мышц	249
Заключение	252
Литература	257

Иосиф Антонович Кулак. Физиология утомления при умственной и физической работе человека.

Издательство «Беларусь». Минск, Ленинский проспект, 79.

Редактор Г. Шершень. Художник В. Валентович. Художественный редактор В. Безмен.
Технический редактор Н. Яновская. Корректор Л. Товаченко.

Сдано в набор 21/VI 1968 г. Подп. к печати 16/X 1968 г. Тираж 3000 экз. Формат
60 × 84¹/₁₆. Бумага тип. № 1. Усл. печ. л. 15,98. Уч.-изд. л. 15,44. Зак. 1038. Цена 1 руб.
Типография издательства «Звезда». Минск, Ленинский проспект, 79.

Я
В
197
202
203
205
и
е
209
217
о
224
224
О-
их
227
ия
иц
иц
237
239
во
243
м-
245
249
252
257

ой работе

В. Безмен.

Формат
Цена 1 руб.



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY

1955







Активация Windows

Чтобы активировать Windows, перейдите в раздел "Параметры".



11:20

пятница, 20 мая

